

Vitoria-Gasteiz: ciudad neutra en carbono

Escenario 2020-2050

Julio 2010



Documento elaborado conjuntamente por:

Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz

Agència d'Ecologia Urbana de Barcelona



Dirección

Miguel Virizuela Salvador Rueda

Coordinación

Andrés Alonso Carmen Maté
Iñaki Arriba Jordi Abadal

Técnicos

Carlos Sánchez
David Andrés
Edaimon DeJuan
Gemma Nohales
Joan Palou
Marta Blanco
Marta Pascual
Marta Vila
Manuel García
Moisés Morató
Montse Masanas
Roser Masjuan

Contenido

1	El objetivo: Vitoria-Gasteiz ciudad neutra en carbono	7
2	Consumos energéticos.....	8
2.1	Diagnóstico actual.....	8
2.2	Transporte	9
2.2.1	Hacia un nuevo reparto modal	9
2.2.2	La supermanzana: instrumento clave	11
2.2.3	Los desplazamientos básicos realizados en vehículo privado	14
2.2.4	La evolución hacia las tecnologías verdes.....	17
2.2.5	El nuevo consumo del sector	19
2.3	Sector residencial.....	20
2.4	Equipamientos y sector terciario	25
2.5	Espacio público.....	27
2.5.1	Alumbrado público	27
2.5.2	Semáforos	27
2.5.3	Mantenimiento de parques y jardines.....	28
2.5.4	Limpieza viaria	28
2.6	Flujos másicos	28
2.6.1	RSU	28
2.6.2	Agua.....	34
2.7	Sector primario.....	37
2.8	Sectores transversales: la dieta.....	40
2.9	Consumo total	42
3	Cobertura de la energía con fuentes renovables	44
3.1	Dificultades de una ciudad auto abastecible energéticamente	44
3.2	Situación actual.....	46
3.3	Determinación del potencial	47
3.3.1	Energía solar térmica	47
3.3.2	Energía solar fotovoltaica	53
3.3.3	Energía eólica	58
3.3.4	Biomasa.....	61
3.3.5	Residuos sólidos urbanos	65
3.3.6	Hidroeléctrica	66
3.3.7	Geotérmica	68
3.3.8	Producción total	69
4	Balance Energético	70
5	Balance de emisiones	72

6	Producción y cultivo de alimentos, una propuesta sostenible hacia el autoabastecimiento y la producción local	76
6.1	Horticultura en el municipio.....	77
6.2	Análisis de la potencialidad para la producción de carne de ovino y bovino en sistemas extensivos	79
6.3	Análisis de la potencialidad para la producción ecológica de leche.....	82
6.4	Análisis de la potencialidad para la producción ecológica de huevos.....	84
6.5	Evaluación del potencial en la producción sostenible de alimentos.....	85
7	Conclusiones	89
8	Bibliografía	91
8.1	Movilidad	91
8.2	Edificación y espacio público	91
8.3	Gestión de residuos y limpieza urbana	92
8.4	Ciclo hidrológico	92
8.5	Sector primario y sumideros	93
8.6	Producción de energía	95
9	Acrónimos	97
10	Índice de tablas y figuras.....	98
10.1	Tablas.....	98
10.2	Figuras.....	100

1 El objetivo: Vitoria-Gasteiz ciudad neutra en carbono

Se realiza un ejercicio de prospectiva con objeto de analizar por una parte, las potencialidades que tiene el territorio municipal y el provincial en generación de energías renovables: eólica, hidráulica, térmica, etc., y por otra, las potencialidades de reducción y eficiencia energética de cada uno de sectores consumidores de energía. Para cada sector se especifica el contexto y cuál es la energía básica para su funcionamiento. Una energía que se calcula en base a una determinada reducción y eficiencia, acorde con el contexto, la tecnología y los conocimientos actuales.

En un escenario de escasez de combustibles fósiles o de precios muy elevados del barril del petróleo, la organización urbana puede colapsarse, a no ser que la ciudad se prepare previamente, haciendo que los flujos metabólicos dependan, en buena medida, de los recursos locales. Se busca asegurar el funcionamiento de los servicios básicos urbanos entre los que destaca el transporte público, la iluminación del espacio público, la energía básica doméstica, el terciario, etc.

Estas inquietudes están recogidas en el III Encuentro Local CONAMA Pueblos y Ciudades para la Sostenibilidad, que se celebró en Sevilla entre el 30 de noviembre y el 2 de diciembre, en el que expertos españoles presentaron un informe titulado "Cambio Global España 2020/50. Programa ciudades" con propuestas para avanzar sin más dilación en la revolución ambiental que consideran deben emprender las ciudades del país para afrontar el desafío del cambio climático, y otros graves procesos que afectan hoy al planeta.

La propuesta que se analiza se plantea en el horizonte 2020-2050 y surge tras analizar la situación actual de Vitoria-Gasteiz y proponer una estrategia de lucha contra el cambio climático 2010-2020 evaluando seis escenarios diferentes. Los objetivos en estas cuatro décadas implican por ejemplo la rehabilitación integral y energética de todas las viviendas para reducir su consumo energético más de un 40%, transformar la estructura y la movilidad para que los desplazamientos en vehículos privados disminuyan hasta el 10% de los viajes en el núcleo urbano; reducir y reciclar los residuos para conseguir de los mismos cerrar ciclos de la materia y de la energía; aumentar la capacidad de captación de CO₂ del verde urbano; fomentar la producción y el consumo local de alimentos con baja carga de CO₂ para conseguir aproximarse a la biocapacidad del municipio de Vitoria-Gasteiz

La envergadura de los cambios propuestos supone todo un reto, pero también una gran oportunidad para revitalizar la ciudad y reactivar la economía frente a la crisis económica. Con todo, la principal conclusión extraída del proceso de elaboración de este estudio es que los objetivos marcados para 2020-2050 en materia de edificación, energía, emisiones de CO₂, residuos, agua o movilidad urbana son plenamente viables.

Una ciudad es neutra en emisiones de CO₂ cuando la energía que utiliza se produce o compensa con sistemas renovables, ofreciendo un balance final cero en emisiones de GEI, para ello se necesita :

1. Disponer de un diagnóstico que evalúe las emisiones de GEI
2. Reducir las emisiones a través de un plan de acciones encaminadas a la eficiencia energética y a la reducción de consumos
3. Aumentar la producción de energías renovables

4. Valorar la capacidad de sumideros que tiene el territorio y en caso de ser necesario incrementarla

2 Consumos energéticos

Se estima el consumo que la ciudad tendría en general, y los servicios básicos en especial, en una situación de elevada eficiencia.

Para calcular los consumos básicos en este escenario se parte del consumo que tendría la ciudad siguiendo la tendencia actual teniendo en cuenta la creación de nuevos barrios. También se compara con el consumo del 2008. Para realizar los cálculos del consumo en el escenario tendencial se parte de los siguientes valores:

	2008	2020	2050
Población	236.525	256.485	276.046
Viviendas	103.808	122.976	135.435
Espacio público [m ²]	9.563.936	11.725.067	11.725.067
Equipamientos [m ²]	1.297.811	2.010.248	2.010.248
Comercial [m ²]	421.389	620.623	620.623

Tabla 1: Evolución de población y superficies entre 2008-2050, Ayuntamiento Vitoria-Gasteiz

Fuente: Elaboración propia

Para el 2020, la proyección de la población es la que consideran las principales fuentes estadísticas (INE, EUSTAT), y está contemplada en los estudios previos del Plan General de Ordenación Urbanística, lo que corresponde a una tasa de crecimiento anual del 0,77%. Respecto a los barrios ya existentes se toma el supuesto de que su población no experimenta variaciones. El crecimiento demográfico se proyecta en los nuevos desarrollos urbanos. No obstante por el al gran aumento de viviendas previsto entre el 2009 y el 2020, se considera una tasa de crecimiento anual del 0,25%.

2.1 Diagnóstico actual

En la tabla 2 se detalla el consumo de energía en el 2008 para cada uno de los sectores que se tienen en consideración. Además se calcula el indicador de consumo per cápita [MWh/hab], estos valores son los que aparecen en el *Plan de Lucha contra el cambio climático en Vitoria-Gasteiz 2010-2020*.

Sector	[GWh]	[MWh/hab]
Sector residencial	1.081,54	4,57
Sector servicios	596,11	2,52
Sector movilidad	949,45	4,01
Sector primario	85,15	0,36
Ciclo hidrológico	11,48	0,05
Equipamientos y servicios municipales	131,22	0,55
Gestión de residuos y limpieza urbana	22,63	0,10
Total	2.858,58	12,09

Tabla 2: Consumos energéticos por sectores en el 2008.

Fuente: Elaboración propia.

En el año 2008, el total del consumo de energía en el municipio de Vitoria-Gasteiz fue de **2.858,58 GWh**. Esto supone un consumo de **12,09 MWh por habitante**.

La representación gráfica de los porcentajes de consumo energético por sectores se muestra en la figura 1.

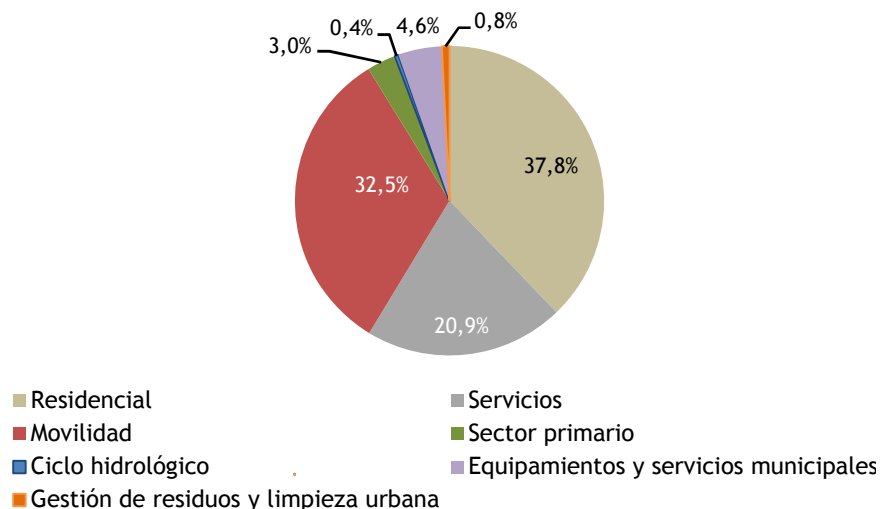


Figura 1: Consumo energético por sectores en el 2008.
Fuente: Elaboración propia.

2.2 Transporte

El transporte es uno de los sectores más energívoros dentro del municipio. Su alta dependencia del petróleo, la futura escasez del combustible y la inestabilidad de su precio, exigen una variación en el rumbo del sector. La imagen de una ciudad donde los vehículos privados ocupados únicamente por el conductor sean los dueños de las calles, debe desterrarse de la ciudad futura.



Por definición, el sector transporte no puede ser autosuficiente, puesto que a día de hoy, es un sector cuya producción energética es cero, es por ello que este apartado intenta reducir el consumo de energía al mínimo posible, para ello es necesario actuar en dos ámbitos:

- Un nuevo reparto modal, en el que los desplazamientos en vehículo privado se minimicen.
- Un cambio en la tecnología de los vehículos, para conseguir la máxima eficiencia y reducir las emisiones en los desplazamientos.

2.2.1 Hacia un nuevo reparto modal

Actualmente la movilidad se caracteriza por una gran ineficiencia energética, ya que se emplean grandes cantidades de energía para conseguir índices de transporte muy bajos (personas/km). Esto es debido al gran porcentaje de trayectos que se realiza en transporte privado, usualmente con índices de ocupación muy bajos. Según la encuesta de movilidad realizada en la ciudad de Vitoria-Gasteiz en el 2006, el número de trayectos en transporte privado fue de 206.613, frente a los 44.576 trayectos en transporte público.

	Nº desplazamientos 2006	Reparto modal 2006
A pie	281.235	49,9%
Bicicleta	18.572	3,3%
TP	44.576	7,9%
VP	206.613	36,6%
Otros	13.015	2,3%
Total	564.011	100%

Tabla 3: Nº de desplazamientos y reparto modal en Vitoria-Gasteiz en 2006

Fuente: Ayuntamiento Vitoria

Conseguir un nuevo reparto modal sin afectar a la funcionalidad de la ciudad, no es tarea sencilla. Este apartado tiene como objetivo exponer los principales factores que configuran el nuevo modelo de movilidad para la ciudad.

La propuesta se basa en un marco conceptual específico -la supermanzana- que permite reorganizar las redes de movilidad. Con ello se consigue una mayor eficiencia en el funcionamiento de dichas redes, potenciando los medios de transporte alternativos al vehículo privado, como la bicicleta y el transporte público.

Entre los principales objetivos destacan: la reducción de la dependencia del automóvil; el incremento de las oportunidades de los medios alternativos y de menor impacto ambiental; la reducción de los impactos derivados de los desplazamientos motorizados; la limitación de los espacios en superficie dependientes del coche; la reconstrucción de la proximidad como un valor urbano; la recuperación de la convivencia en el espacio público y finalmente, la autonomía en términos de movilidad de los sectores sociales, que no disponen de vehículo privado. Este nuevo modelo de movilidad tiene que cumplir las siguientes pautas de diseño:

- Reorganizar el tráfico de tal forma que el vehículo de paso transite a través de una red viaria básica liberando las vías secundarias.
- Redefinir las redes de transporte público de cara a mejorar la eficiencia del sistema en términos de accesibilidad y cobertura.
- Consolidar una red de bicicletas, que manteniendo la mayor parte de los carriles existentes, establezca una serie de ejes principales y recorridos, de cara a la máxima utilización de la bicicleta como medio de transporte urbano.
- Configurar una red peatonal que minimice la coexistencia del peatón con el vehículo privado y permita a su vez conectar a pie los principales puntos de interés de la ciudad.
- Identificar las demandas infraestructurales de aparcamiento y de espacios necesarios para la gestión de la carga y descarga de mercancías.
- Reducir el impacto ambiental de la contaminación y el ruido en las calles.
- Aumentar la calidad del espacio público en términos de accesibilidad.

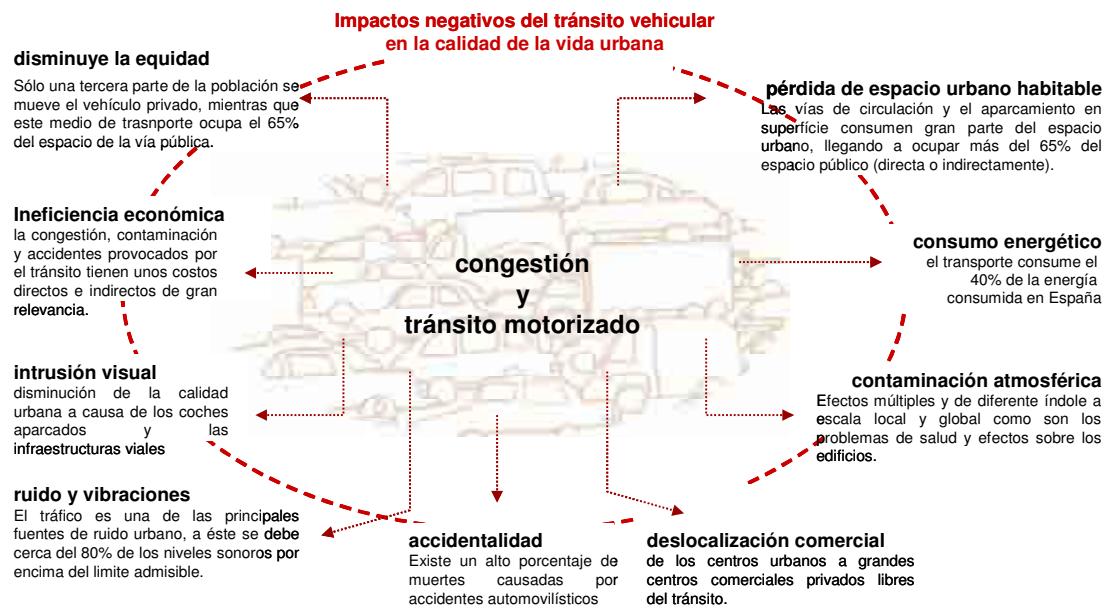


Figura 2: Principales impactos negativos del tránsito vehicular

Fuente: Elaboración propia

2.2.2 La supermanzana: instrumento clave

La estructuración de la ciudad en supermanzanas puede resolver la mayor parte de las disfunciones urbanas ligadas a la movilidad y al uso del espacio público. La ordenación del espacio público a través de la supermanzana posibilita la integración de distintas actuaciones para una ciudad más sostenible.

Una supermanzana viene delimitada por vías básicas que configuran un área cuyo interior incluye un conjunto de manzanas. El tráfico de paso tiene el acceso restringido al interior de la supermanzana. Este ámbito se convierte en un lugar preferente para el peatón, compartido con ciclistas, vehículos de servicio, de emergencias, de residentes, etc. Dentro de la supermanzana las calles pasan a ser de plataforma única y la velocidad máxima se establece en 10 km/h. El aparcamiento de vehículos en superficie tiende a reducirse paulatinamente, de la misma manera, la distribución urbana de mercancías se ve sujeta a una nueva regulación.

El cambio fundamental que introduce este esquema consiste en reestructurar la movilidad estableciendo una red diferenciada para cada modo de transporte. Con ello disminuyen los conflictos entre peatones y tráfico rodado ya que cada modo puede desplazarse a la velocidad que le es propia. En cuanto a los ejes para ciclistas, las supermanzanas posibilitan su extensión a una gran parte del territorio urbano en una red mejor interconectada que ofrece a los usuarios mayor seguridad en sus trayectos.

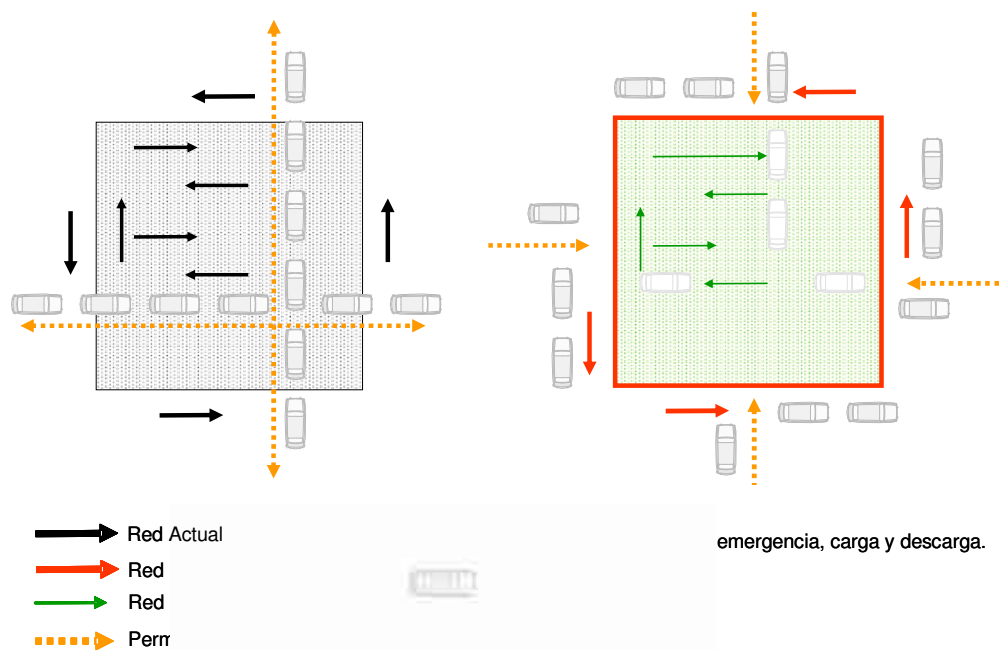


Figura 3: Esquema conceptual de supermanzana.
Fuente: Elaboración propia

El espacio público ganado está disponible para desarrollar usos y funciones de la vida ciudadana: paseo, estancia, juego, ocio, fiestas populares. La calle recobra su papel como lugar de intercambio y de relación. Se reducen la contaminación y el ruido, y se posibilita la introducción de nuevos conceptos en el diseño urbano orientados a mejorar las condiciones de habitabilidad, confort lumínico, acústico y térmico.

En definitiva, el modelo de movilidad basado en supermanzanas se caracteriza por:

La jerarquización de la red viaria

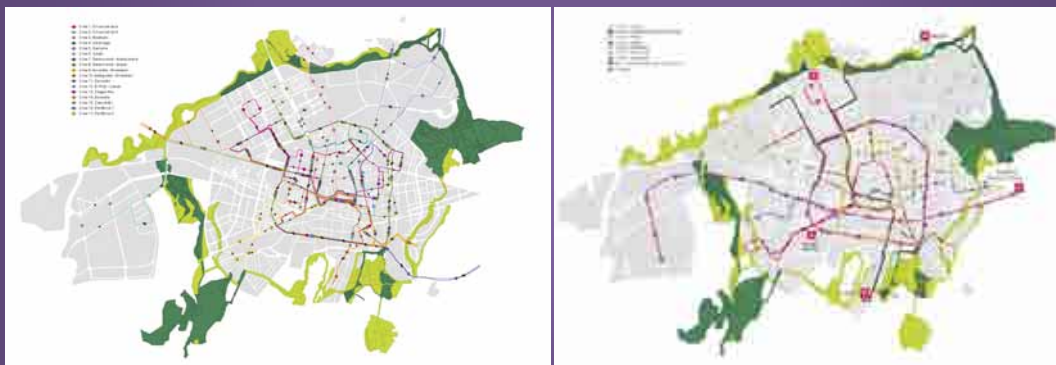
Supone una reorganización funcional de las calles en dos tipos de vías: básica e interior de supermanzana, las cuales funcionan de manera homogénea para la mayoría de los modos de transporte. La red básica (perimetral) es lo más ortogonal posible y soporta el tráfico motorizado y el transporte colectivo en superficie. En las vías internas se elimina el tránsito de paso. Este espacio interior se transforma en un espacio de preferencia para el peatón, coexistiendo con vehículos de residentes y de servicio, emergencias e incluso en algunos casos con carriles bici segregados. Dentro de la supermanzana las calles pasan a tener una sección única y la velocidad de los vehículos se adapta a la del peatón (10km/h). Esta nueva estructura permite adaptar modificaciones que permiten aumentar sensiblemente la calidad ambiental del entorno urbano.

La integración de las redes de movilidad

Uno de los cambios fundamentales que se introducen en este nuevo modelo consiste en reestructurar la movilidad en superficie en una red diferenciada para cada modo de transporte adecuándola al esquema de red de supermanzanas. Esta nueva estructura apuesta por la reducción de la hegemonía del automóvil y potencia el transporte público y los medios de transporte de corta distancia, como es la bicicleta y los desplazamientos a pie. La combinación de reducción de la oferta viaria y del aparcamiento para el vehículo

privado, así como la mejora de otros modos de transporte facilitará el cambio modal hacia modos más sostenibles.

La ciudad de Vitoria-Gasteiz ha revolucionado su red de transporte público. Un nuevo diseño en las líneas, reduce el tiempo de desplazamiento y aumenta la accesibilidad. También la línea del tranvía complementa la red de autobuses. El resultado obtenido es un aumento de más del 45% de los usuarios en el transporte público.



Red básica del transporte público actual y futura

La reorganización de la carga-descarga y el aparcamiento

La reorganización de espacios y horarios de las actividades logísticas urbanas resulta mucho más sencilla en un esquema de supermanzanas, ya que se dispone de más espacio público y de la posibilidad de controlar los horarios de acceso mediante sistemas retractiles de entrada en las supermanzanas. La construcción de centros logísticos a nivel subterráneo sirve para reducir progresivamente la carga y descarga en superficie. El aparcamiento de vehículos en superficie se suprime gradualmente a medida que se construyen aparcamientos subterráneos accesibles desde la red básica de circulación.

La accesibilidad para todos

Las restricciones al tráfico de paso y las mejoras en el diseño de las calles (plataforma única, mobiliario urbano, etc.) hacen que mejoren las condiciones de accesibilidad para: personas con movilidad reducida, coches de niños, personas mayores y niños. Los taxis, bicicletas, vehículos de servicios y emergencias tienen sitio en el interior de las supermanzanas.

Un nuevo diseño del espacio público

Desde un punto de vista operativo, los objetivos serán diferentes en función del horizonte temporal, diferenciando claramente entre los objetivos de corto o medio plazo y los objetivos a largo plazo. La transformación urbana mediante un esquema de supermanzanas consigue mejoras inmediatas en la calidad de vida de los ciudadanos. La eliminación del vehículo de paso reduce el volumen de tráfico en las calles interiores de supermanzana y aumenta el uso de éstas por parte de las personas en poco tiempo, consiguiendo reducciones significativas en la contaminación, ruido, sensación de inseguridad, recuperando de esta manera el espacio para la estancia y disfrute de los vecinos.

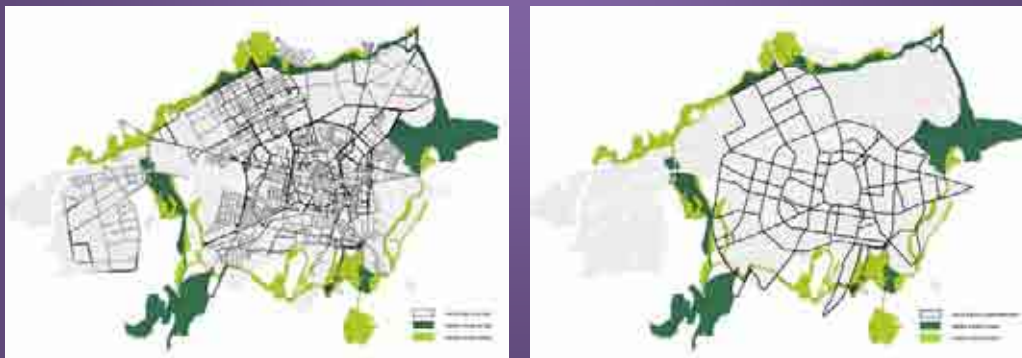
No obstante, los grandes cambios en favor de la movilidad sostenible se producen en un plazo más largo, cuando se consiguen modificar los hábitos sociales de movilidad. Esto exige un esfuerzo continuo de seguimiento, corrección y educación sobre las actuaciones iniciadas, teniendo siempre presente los principios rectores del Plan de Movilidad.

El Plan de Movilidad Sostenible y Espacio Público de Vitoria-Gasteiz plantea la creación de supermanzanas. Sólo podrán circular por estas zonas, a una velocidad regulada:

- Vehículos de residentes.
- Bicicletas.
- Servicios de emergencias: ambulancias, bomberos...
- Taxis.
- Servicios municipales autorizados: autobuses urbanos, camiones de recogida de basura...
- Furgonetas de carga y descarga, en horarios determinados.

El Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz está trabajando para crear nuevas plazas de aparcamiento en aquellas zonas que rodean el perímetro de las supermanzanas, La reorganización de la OTA también está orientada a lograr una rotación de los vehículos que optimice el espacio disponible para el estacionamiento.

El nuevo diseño urbano facilita la conexión entre espacios públicos, la promoción de los corredores comerciales, los caminos escolares y la circulación de bicicletas.



Red básica del transporte privado actual y con el modelo de supermanzanas

2.2.3 Los desplazamientos básicos realizados en vehículo privado

El esquema de movilidad de supermanzanas establece las bases para la reducción del consumo energético por el transporte. Obviamente para lograr dicha reducción, el número de trayectos en transporte privado ha de reducirse drásticamente.

El escenario que se presenta a continuación está diseñado bajo una estricta condición, únicamente se garantizan los trayectos en transporte privado considerados básicos. A partir de la encuesta de movilidad se han analizado la funcionalidad de los desplazamientos en transporte privado, de estos se ha realizado un ejercicio de reducción de dichos viajes hasta el límite de garantizar los desplazamientos básicos. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Escenario	2006	2020 T	2020 Autosuficiencia	
MOTIVO	Nº desplazamientos	Nº desplazamientos	% Básico	Nº desplazamientos
Trabajo	43.873	48787	20,0%	9757
Estudios	4.392	4883	20,0%	977
Compras	16.371	18205	20,0%	3641
Médico/hospital	2.344	2607	100,0%	2607
Visita amigo/familiar	6.990	7773	20,0%	1555
Acompañar personas/llevar colegio	16.361	18194	50,0%	9097
Gestiones de trabajo	1.695	1885	30,0%	565
Gestiones personales	12.843	14281	20,0%	2856
Ocio, diversión	10.054	11180	15,0%	1677
Comida/cena fuera de la residencia habitual	1.048	1165	15,0%	175
Sin destino fijo	208	231	10,0%	23
2ª residencia	600	667	20,0%	133
Parada de transporte	432	480	100,0%	480
Retorno a casa/hogar	88915	98874	-	28915
Total (moto + coche)	206.125	229211	27,25%	62458
Camión-Furgoneta	488	543	50,0%	271
Total VP	206.613	229.754		62.730

Tabla 4: Nº de desplazamientos/ motivo en el escenario 2006, en el escenario tendencial 2020 y en el escenario de máxima eficiencia. Fuente: Elaboración propia y datos de encuesta de movilidad

En el escenario de autosuficiencia se reducen los desplazamientos en transporte privado a un 10%, este porcentaje viene justificado en parte por la accesibilidad. Los trayectos en furgoneta y camión también se reducen en un 50%.

Con esta reducción de desplazamientos se propone el nuevo reparto modal en que el transporte privado pasa del 36,6% al 10%, que equivale a 62.730 desplazamientos.

	Reparto modal 2020 tendencial	Nº despl. tendencial 2020T	Reparto modal escenario autosuficiencia	Nº despl. escenario autosuficiencia	Reducción respecto 2020T
A pie	49,9%	312733	55,0%	344949	-10,3%
Bicicleta	3,3%	20652	15,0%	94077	-355,5%
TP	7,9%	49569	20,0%	125436	-153,1%
VP	36,6%	229754	10,0%	62718	72,7%
Otros	2,3%	14473	0,0%	0	100,0%
Total		627180	100,0%	627180	

Tabla 5: Nº de desplazamientos y reparto modal de la movilidad en escenario 2020 tendencial y en escenario neutro en emisiones Fuente: Elaboración propia

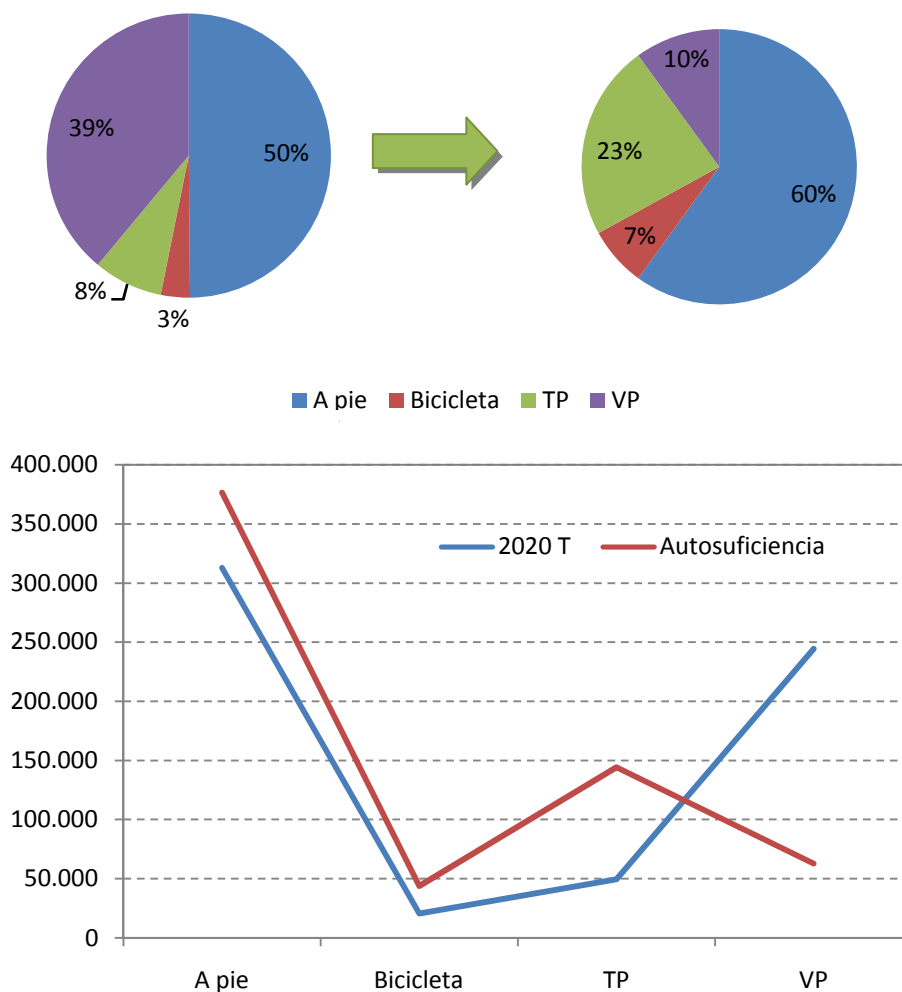


Figura 4: N° de desplazamientos y reparto modal en el escenario 2020 tendencial y en el escenario neutro
Fuente: Elaboración propia

A partir de los datos de la encuesta de movilidad se comprueba que con estos desplazamientos se pueden garantizar los desplazamientos considerados como básicos.

En este escenario de consumo básico, el transporte privado se puede reducir hasta un 75%. Estudios en otras ciudades europeas, como en Londres o Berlín, plantean la reducción drástica del transporte privado en el centro de la ciudad mediante restricciones a los vehículos.



Figura 5: Zona de bajas emisiones en Londres
Fuente: European LEZ

Como consecuencia de la reducción del transporte privado es el consumo energético del transporte público se duplica.

2.2.4 La evolución hacia las tecnologías verdes

La gran dependencia del petróleo que tiene este sector es un factor clave para minimizar las emisiones y conseguir un escenario global neutro en carbono. Los vehículos con motor de combustión se caracterizan por trabajar con bajas eficiencias y ser una gran fuente de emisiones de GEI.

El petróleo es un recurso finito y su futuro es incierto. Por este motivo es necesaria una transición hacia nuevas tecnologías y nuevos combustibles, que sean renovables y sobre todo más respetuosos con el medio ambiente.

Hay diversas tecnologías que mejoran la eficiencia de la situación actual:

- Los **coches eléctricos** son la tecnología que actualmente tiene más implantación. Estos tienen una eficiencia del 80% (respeto al 20% de los vehículos convencionales). El principal problema es que esta electricidad ha de ser producida con métodos limpios. Esto conlleva adaptar la red eléctrica para poder absorber toda esta electricidad. Otro problema de los coches eléctricos es su baja autonomía (actualmente unos 150-200 km como máximo) y que su recarga requiere periodos de tiempo elevados. Además se ha de crear una infraestructura dentro de la ciudad con puntos de recarga, tanto en la vía pública como en los propios hogares. En algunas ciudades se están adaptando las cabinas telefónicas para que también sirvan de puntos de recarga para los coches eléctricos. El coste de transformación de las cabinas oscila entre 3.000 y 6.000 € por cabina.

- Los **coches híbridos** son una combinación entre eléctricos y de combustible. Pueden tener distintas configuraciones; básicamente en serie, cuando el motor de combustión alimenta la batería, o en paralelo, cuando la batería y el motor pueden funcionar indistintamente. Además pueden disponer de un sistema de recuperación de energía en las frenadas y utilizarla en las arrancadas, un sistema idóneo para la ciudad donde hay muchas frenadas y arrancadas por los semáforos. Estos coches pueden suponer una reducción del consumo de hasta un 50%. Por otro lado el problema de la autonomía que tenían los coches eléctricos, en estos modelos no aparecen, ya que tienen el soporte del combustible. Para reducir el impacto ambiental de estos coches, se deberían adaptar para funcionar con biocombustibles.
- Los **coches de hidrógeno** son una tecnología a explotar. El principal problema es la obtención del hidrógeno. Hay varias formas de obtención, la más esperanzadora es mediante la electrólisis del agua. Sin embargo actualmente se requieren cantidades muy elevadas de energía para obtenerlo y no es rentable. El hidrógeno se puede usar directamente en motores de combustión interna, mejorando su eficiencia en un 25% y con una combustión más limpia (solo emite NOx). Sin embargo su almacenamiento es un problema (baja relación volumen/peso) y su costo es muy elevado. También se pueden usar en pilas de combustible, que son mucho más eficientes, sin ningún tipo de emisiones y mucho más silenciosas.



Figura 6: Coche eléctrico (Fiat 500), coche híbrido enchufable (F3DM), coche hidrógeno (Honda FCX)

Fuente: Movele y U.S. Department of Energy

Con las consideraciones descritas y la tecnología actual se considera que **a medio plazo el 70% de los coches podrían ser eléctricos y el otro 30% híbridos** (para garantizar los trayectos de gran distancia). La implantación de coches de hidrógeno no se plantea por su baja rentabilidad actual. Sin embargo, estas tecnologías están en pleno desarrollo y en un futuro podrían aumentar tanto la autonomía de los coches eléctricos como la rentabilidad de los de hidrógeno.

El Proyecto MOVELE, gestionado y coordinado por el IDAE, consiste en la introducción de 2.000 vehículos eléctricos en un plazo dos años (2009 y 2010) dentro de entornos urbanos, en un colectivo amplio de empresas, instituciones y particulares, así como en la instalación de 500 puntos de recarga para estos vehículos, con los siguientes objetivos:



- Demostrar la viabilidad técnica y energética de la movilidad eléctrica en los entornos urbanos, posicionando a España entre las pioneras en experiencias demostrativas de las tecnologías de movilidad con energía eléctrica.
- Activar dentro de las administraciones locales implicadas, medidas impulsoras de este tipo de vehículos: infraestructura pública de recarga, reserva de plazas de aparcamiento, circulación por carriles bus-taxi, etc.
- Implicar a las empresas del sector privado en la introducción del vehículo eléctrico: empresas eléctricas, empresas de seguros y de financiación (renting), etc.
- Servir como base para la identificación e impulso de medidas normativas que favorezcan esta tecnología: medidas fiscales en la compra o uso de los vehículos, tarifas de suministro, modificación de normas que impidan su evolución (acceso a puntos de recarga en viviendas comunitarias, homologación), etc.

2.2.5 El nuevo consumo del sector

Partiendo del escenario actual, se pronostica un escenario tendencial en el 2020 (2020 T) del cual se reduce el consumo debido a las consideraciones aplicadas. La reducción de los desplazamientos en vehículo privado prevé los siguientes resultados:

Vehículo	Tendencial	Máxima eficiencia	Reducción
	GWh	GWh	
Autobuses	27,53	55,06	-100,00%
Tranvía	3,26	6,52	-100,00%
Turismos	338,30	84,57	75,00%
Motocicletas	27,03	6,76	75,00%
Camiones	67,48	33,74	50,00%
Furgonetas	53,95	26,98	50,00%
Tractores	43,83	21,92	50,00%
Extraurbano	476,25	333,37	30,00%
Total	1.037,62	568,91	45,17%

Tabla 6: Consumo tendencial y de máxima eficiencia en transporte
Fuente: Elaboración propia

En el consumo energético se consigue una reducción del 45%, pasando de 1.037 GWh en el escenario tendencial a 569 GWh.

La aplicación de las nuevas tecnologías reduce el consumo del escenario neutro en emisiones a **184,90 GWh** (99,56 GWh eléctricos y 85,34 GWh de biodiesel), lo que supone una reducción del 82,18% respecto al tendencial del 2020.

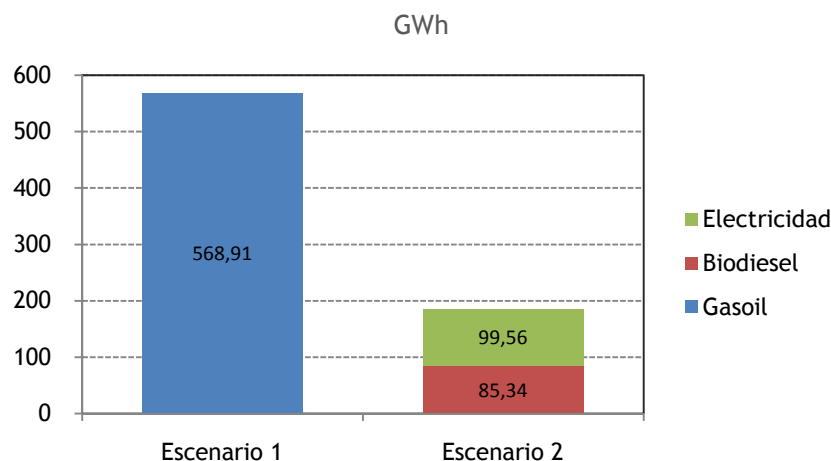


Figura 7: Consumo del transporte para el escenario 1 (cambio del reparto modal) y escenario 2 (aplicación de tecnologías verdes)

Fuente: Elaboración propia

Con una transición a un nuevo reparto modal, en que se reduce drásticamente el transporte privado, y mediante la aplicación de tecnologías más eficientes y limpias, el consumo del sector transporte se puede reducir un 82%, quedando en 184,90 GWh anuales. Esta reducción es muy importante en un escenario neutro de emisiones, ya que el transporte es uno de los sectores que tiene mayores emisiones directas dentro de la ciudad.



2.3 Sector residencial

El sector domiciliario, al igual que el sector servicios o el del transporte, presenta unos valores elevados de consumo. No obstante, el grado de mejora en eficiencia que presenta este sector es grande, lo que posibilita un escenario en que el consumo se reduzca considerablemente.



Las características de cada edificio (factores físico-técnicos) influyen sobre todo en las demandas de climatización. La orientación y los aislamientos de los cerramientos de los edificios son un factor clave en la reducción de la demanda en climatización. La época de construcción de los edificios proporciona información sobre las carencias de éstos.

Las viviendas unifamiliares consumen más energía por habitante que las plurifamiliares, por tanto las líneas de actuación encaminadas a un consumo eficiente y a aumentar la capacidad de autogeneración deben contemplar estas diferencias. En el sector domiciliario se consideran 8 tipologías de vivienda en función del año de construcción y de la tipología:

- Plurifamiliar. Pre-NBE79: Se toman valores de los aislamientos muy desfavorables.
- Plurifamiliar. Pre-CTE2006: Se toman valores de los aislamientos del código técnico del 79.

- Plurifamiliar. Post-CTE2006: Se toman valores de los aislamientos del código técnico del 2006.
- Plurifamiliar. 2020: Se aplican las medidas descritas en el documento *Vitoria. Cambio Climático* (mejora en aislamientos respecto CTE-2006, sistemas de ahorro de agua, iluminación eficiente, electrodomésticos eficientes...)
- Unifamiliar. Pre-NBE79: Se toman valores de los aislamientos muy desfavorables.
- Unifamiliar. Pre-CTE2006: Se toman valores de los aislamientos del código técnico del 79.
- Unifamiliar. Post-CTE2006: Se toman valores de los aislamientos del código técnico del 2006.
- Unifamiliar. 2020: Son las viviendas que corresponden a los nuevos barrios de Salburua y Zabalgana, donde se considera que serán viviendas construidas eficientemente (mejora en aislamientos respecto CTE-2006, sistemas de ahorro de agua, iluminación eficiente, electrodomésticos eficientes...)

Para determinar el consumo de cada tipo de vivienda, se parte del consumo total en el sector residencial y se discretiza en función al número de viviendas de cada tipología. Los datos han sido facilitados por el Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz.

kWh				
Plurifamiliar	PRE_NBE 79	PRE_CTE 2006	POST_CTE 2006	2020
ACS	2.500	2.500	2.500	1.500
Calefacción	6.300	5.400	4.500	2.550
Iluminación	650	650	650	200
Electrodomésticos	2.500	2.500	2.500	1.800
Total	11.950	11.050	10.150	6.050

Tabla 7: Consumos totales por año de construcción de vivienda plurifamiliar
Fuente: Elaboración propia

Unifamiliar	PRE_NBE 79	PRE_CTE 2006	POST_CTE 2006	2020
ACS	2.500	2.500	2.500	1.500
Calefacción	14.000	11.000	9.000	4.810
Iluminación	750	750	750	240
Electrodomésticos	2.500	2.500	2.500	1.800
Total	19.750	16.750	14.750	8.350

Tabla 8: Consumos totales por año de construcción de vivienda unifamiliar
Fuente: Elaboración propia

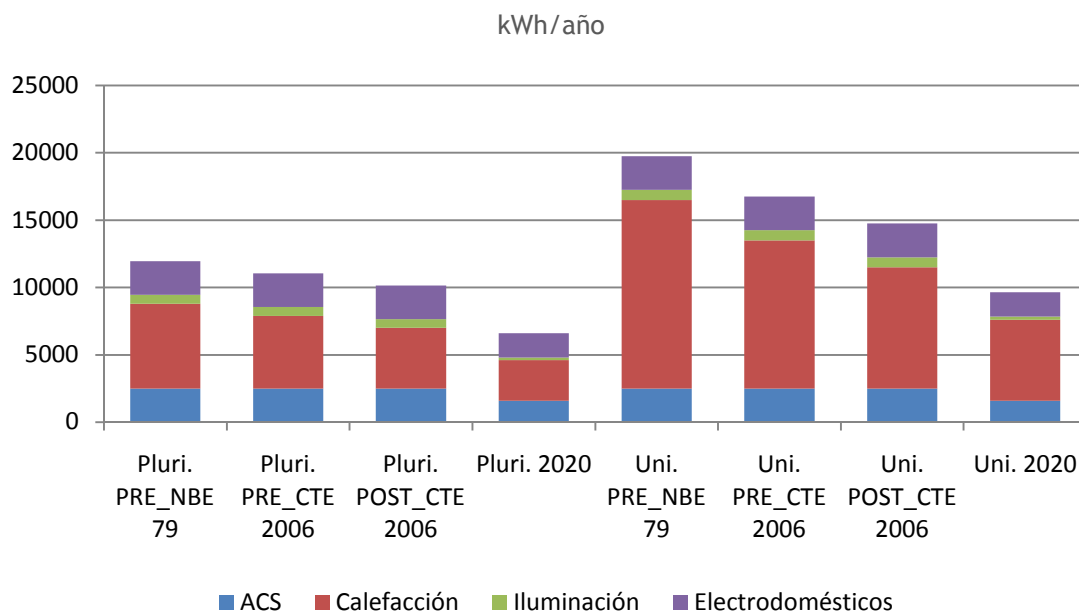


Figura 8: Consumos totales por año de construcción y tipología de vivienda
Fuente: Elaboración propia

Se definen los distintos escenarios a partir de las siguientes consideraciones:

- Las viviendas previstas para los distintos escenarios según el Plan General de Ordenación Urbana (actualizado 2009).
- En el 2008 se considera un índice de ocupación 2,6 habitantes por vivienda.
- El número de viviendas ocupadas en el escenario 2020 y 2050 se estima mediante el reparto de la nueva población según ratio de ocupación media de las viviendas en barrios consolidados recientemente (Lakua, Zabalgana, Salburúa...). El ratio considerado para estos nuevos barrios es de 2,5 habitantes/vivienda.

	2008	2020	2050
Población	236.525	256.485	276.046
Viviendas totales	103.808	122.976	135.435
Viviendas ocupadas	90.971	100.951	110.418
Tasa de ocupación	87,6%	82,1%	81,5%

Tabla 9: Evolución de la población y viviendas ocupadas entre 2008-2020-2050
Fuente: Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz

En el escenario tendencial 2020 el consumo del sector residencial es de 1.131,22 GWh/año.

Consumos totales tendencial 2020	Nº viviendas ¹	Consumo/vivienda [kWh]	Consumo total [GWh]
Pluri. PRE_CTE 79	50.435	11.950	602,70
Pluri. PRE_CTE 2006	30.195	11.050	333,65
Pluri. POST_CTE 2006	6.952	10.150	70,57
Pluri. 2020	9.581	6.050	57,96

¹ Solo contempla las viviendas ocupadas

Uni. PRE_CTE 79	2.101	19.750	41,50
Uni. PRE_CTE 2006	1.258	16.750	21,07
Uni. POST_CTE 2006	29	14.750	0,43
Uni. 2020	399	8.350	3,33
Total	100.951		1.131,22

Tabla 10: Consumos totales del sector residencial en el escenario tendencial 2020

Fuente: Elaboración propia

En un escenario de máxima eficiencia se pueden conseguir consumos mucho más reducidos, tanto en los edificios existentes como en los edificios de los nuevos barrios. Los criterios para conseguir una máxima reducción en el consumo de la vivienda son:

- Calefacción y refrigeración:
 - Mejorar el aislamiento térmico de fachadas, cubiertas y cerramientos.
 - Instalar doble vidrio en los cerramientos de la fachada.
 - Regular a 21°C la temperatura interior de la vivienda en invierno y a 24°C en verano y apagarla por la noche y en periodos de ausencia.
 - Usar calderas eficientes (condensación) y asegurar un buen mantenimiento de calderas y radiadores.
 - Aprovechar captación solar en verano y evitarla en invierno mediante toldos, persianas, etc.
- ACS:
 - Disminuir la temperatura del termostato.
 - Incorporar elementos limitadores de caudal y difusores en las duchas y los grifos.
 - Adoptar buenos hábitos y reducir al máximo el uso del agua caliente.
- Iluminación:
 - Instalación de luminarias de alto rendimiento.
 - Incorporar reactancias de bajo consumo.
 - Reducir al máximo la potencia de las bombillas
 - Incorporar temporizadores y detectores de presencia en zonas de paso (escalera, garaje, jardín, etc).
 - Focalizar la luz en los espacios de trabajo atenuando la luz en el resto del espacio
 - Aprovechar al máximo la luz natural y utilizar colores claros en las paredes.
 - Adaptar correctamente el nivel de iluminación a la actividad
- Cocina y electrodomésticos:
 - Usar electrodomésticos bitérmicos y de eficiencia energética clase A.
 - Seleccionar electrodomésticos adaptados a necesidades de la vivienda, evitar equipos sobredimensionados.
 - Apagar completamente los aparatos eléctricos cuando no se usen.
 - Evitar el uso de pilas y baterías; el impacto ambiental es mil veces superior que la electricidad de la red.
 - Utilizar el calor residual de los hornos y vitrocerámicas.

La reducción potencial en la demanda energética de las viviendas se calcula en base a los estudios pormenorizados realizados por la Agencia de Ecología Urbana de Barcelona en otras ciudades españolas, ajustando los factores a las condiciones climáticas de Vitoria: *Plan de Indicadores de Sostenibilidad Ambiental de la Actividad Urbanística de Sevilla, Estrategia de sostenibilidad para Donostia - San Sebastián y Anàlisi ambiental del Municipi de Viladecans*.

Para el cálculo de la demanda térmica se consideran los siguientes valores para los aislamientos:

K [W/m ² °C]	Pared exterior	Ventana	Cubierta	Suelo
Vivienda reformada	0,35	2	0,35	0,5
Vivienda nueva construcción	0,2	2	0,2	0,2

Tabla 11: Coeficientes de transmisión en viviendas de máxima eficiencia
Fuente: Elaboración propia

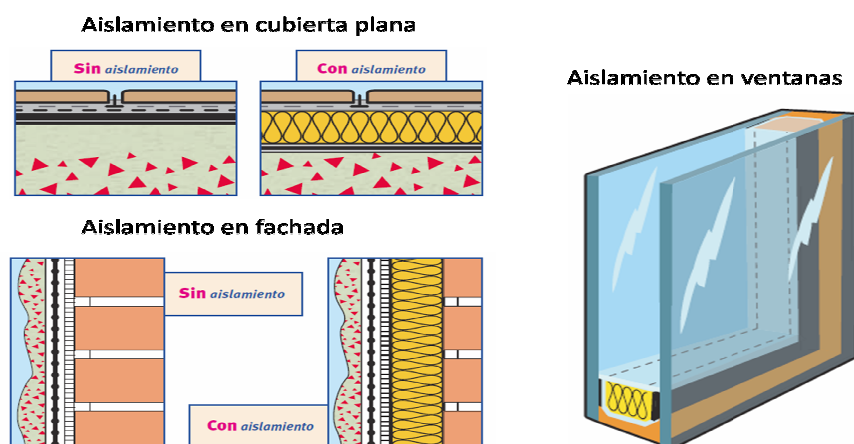


Figura 9: Ejemplos de aislamiento en la envolvente térmica
Fuente: IDAE

Con las consideraciones descritas se pueden obtener valores de consumo inferiores a los actuales:

Consumos totales máxima eficiencia [kWh]	Pluri. Reformada	Pluri. nueva construcción	Uni. reformada	Uni. nueva construcción
ACS	2.000	1.500	2.000	1.500
Calefacción	2.500	1.500	3.500	2.500
Iluminación	400	150	500	200
Electrodomésticos	1.800	1.800	1.800	1.800
Total	6.700	4.950	7.800	6.000

Tabla 12: Consumos por tipología de vivienda en escenario de máxima eficiencia
Fuente: Elaboración propia

Con estos valores de referencia se calcula el consumo energético del sector residencial en el escenario de máxima eficiencia:

Consumos totales máxima eficiencia	Nº viviendas ²	Consumo/vivienda [kWh]	Consumo total [GWh]
Pluri. Reformada	87.582	6.700	586,80
Pluri. Nueva construcción	18.669	4.950	92,41
Uni. Reformada	3.389	7.800	26,43
Uni. Nueva construcción	778	6.000	4,67
Total	110.418		710,31

Tabla 13: Consumos totales del sector residencial en el escenario de máxima eficiencia

Fuente: Elaboración propia

GWh/año	Tendencial	Máxima eficiencia	Reducción
Consumo vivienda existente	1.069,93	613,23	42,68%
Consumo nueva vivienda	61,30	97,08	-58,38%
Consumo total	1.131,22	710,31	37,21%

Tabla 14: Consumo tendencial 2020 y de máxima eficiencia en doméstico

Fuente: Elaboración propia

Aplicando criterios de máxima eficiencia en la nueva construcción y la rehabilitación de los edificios existentes, junto con el uso de tecnologías más eficientes y mediante buenos hábitos, se pueden lograr ahorros de casi el 40% en el consumo total de energía del sector residencial, lo que supone un consumo anual de 710,31 GWh.



2.4 Equipamientos y sector terciario

En este caso, la reducción potencial en la demanda energética de los equipamientos y los comercios también se calcula en base a los estudios mencionados en el sector residencial. Los criterios para conseguir la máxima eficiencia en estos sectores son los mismos que en el sector residencial, potenciando algunas acciones como:



- Instalación de sistemas de captación y aprovechamiento de luz natural, con tubos de luz.
- Sistemas de suelo radiante en edificios con techos altos.
- Instalar sistemas de microcogeneración y tricogeneración en hoteles y otros establecimientos

Los equipamientos son el conjunto de instalaciones que posee el Ayuntamiento en su área urbana y periurbana. Contempla los edificios de las oficinas, las empresas municipales, los centros cívicos, deportivos, educativos, sociales y otros.

² Solo contempla las viviendas ocupadas

Se desconoce el consumo por tipología de equipamiento, por este motivo se hace un balance del consumo total y el número de equipamientos futuros se calcula a partir de la información del Plan General de Ordenación Urbana en los sectores 1, 4, 12, 13 y 14.

Consumo usos	Tendencial			Mejora equipamientos antiguos			Nuevos equipamientos	
	Distrib. consumo	Consumo [GWh]	% reducción	Consumo [GWh]	Distrib. consumo	% reducción	Consumo [GWh]	Distrib. consumo
Calefacción	34%	29,5	50%	12,3	28%	57%	2,1	29%
Refrigeración	8%	6,9	30%	4,0	9%	59%	0,5	7%
ACS	13%	11,3	20%	7,5	17%	30%	1,3	18%
Electrod. y ofimática	30%	26,0	35%	14,1	33%	35%	2,8	39%
Alumbrado	15%	13,0	50%	5,4	13%	76%	0,5	7%
TOTAL		86,68		43,3			7,3	

Tabla 15: Consumo tendencial y de máxima eficiencia en equipamientos

Fuente: Elaboración propia

Al sector terciario pertenecen todo tipo de comercios, restaurantes, hoteles, oficinas, etc. El número de nuevas actividades se considera que mantiene un aumento de crecimiento proporcional al crecimiento de la población previsto.

Consumo usos	Tendencial			Mejora comercios antiguos			Nuevos comercios	
	Distrib. consumo	Consumo [KWh/eq]	% reducción	Consumo [GWh]	Distrib. consumo	% reducción	Consumo [GWh]	Distrib. consumo
Calefacción	20%	141,3	50%	55,0	17%	57%	13,4	19%
Refrigeración	5%	35,3	30%	19,2	6%	59%	3,3	5%
ACS	2%	14,1	20%	8,8	3%	30%	2,2	3%
Electrod. y ofimática	40%	282,6	35%	142,9	45%	35%	40,7	57%
Alumbrado	33%	233,2	50%	90,7	29%	76%	12,3	17%
TOTAL		706,6		316,6			71,8	

Tabla 16: Consumo tendencial y de máxima eficiencia en el sector terciario

Fuente: Elaboración propia

El balance total de consumo de estos sectores será:

	Tendencial	Máxima eficiencia	Reducción
Sector terciario [GWh/año]	706,58	388,42	45,03%
Equipamientos [GWh/año]	86,68	50,54	41,69%
Total [GWh/año]	793,26	438,96	44,66%

Tabla 17: Consumo tendencial y de máxima eficiencia en el sector terciario y de equipamientos

Fuente: Elaboración propia

Aplicando criterios de máxima eficiencia en la nueva construcción y remodelación de edificios existentes, así como utilizando tecnologías más eficientes y mediante buenos hábitos, se pueden lograr ahorros de más del 48% en el consumo total de energía del sector comercial y en los equipamientos, lo que supone un consumo anual de 438,96 GWh.



2.5 Espacio público

La energía consumida en el espacio público incluye:

- Alumbrado público
- Semáforos
- Mantenimiento de parques y jardines
- Limpieza viaria (se contabiliza en sector gestión de residuos)



Los elementos consumidores del espacio público que son consumidores directos de energía son el alumbrado y la señalización y, de forma indirecta, la limpieza de calles, mantenimiento de parques y jardines, etc.

2.5.1 Alumbrado público

La mayor parte del consumo del espacio público es debido al alumbrado. Al contabilizar los nuevos barrios, se prevé un consumo anual para el 2020 de 36,12 GWh (93,4% del consumo del espacio público).

Actualmente el alumbrado público ya es bastante eficiente. El 85% son lámparas de VSAP, el 13% halogenuros metálicos y el 2% restante se reparte entre LED's, VM y VSBP. Por ello el potencial de reducción será menor que en los otros sectores. Se plantea:

- Sustitución de todos los faroles viejos por tecnologías más eficientes
- Eliminación de todas las bolas contaminantes del municipio
- Sustituir las reactancias inductivas por electrónicas con sistema de tele gestión.
- Instalar reguladores de tensión de cabecera para el transformador de las líneas de alumbrado.
- Colocación de nuevos sistemas de gestión y adecuación de los usos horarios del alumbrado público del municipio.
- Instalar sensores de proximidad en viales poco transitados.
- Instalar sistemas de doble nivel de iluminación.

Aplicando los criterios descritos se puede lograr reducir el consumo anual a 28,48 GWh/año. Sin embargo se están desarrollando tecnologías más eficientes aunque aún no son rentables. Por ejemplo la tecnología LED, hoy por hoy es una tecnología muy cara y solo es rentable para aplicaciones en color. Se prevé que en los próximos años el precio disminuirá y su eficiencia aumentará.

2.5.2 Semáforos

Los semáforos en el municipio de Vitoria-Gasteiz en el 2006 eran muy ineficientes (el 64% eran incandescentes, el 27% halógenos y solo un 9% de tipo LED's). Por eso en los últimos años, se han ido sustituyendo las tecnologías poco eficientes por tipo LED's.

Sin el uso de tecnologías eficientes, el consumo de los semáforos en el 2020 podría llegar a ser de 2,15 GWh. Sin embargo, con el cambio de todos ellos por LED's, este consumo se vería reducido a 0,37 GWh.

2.5.3 Mantenimiento de parques y jardines

Con la aparición de los nuevos barrios, el consumo derivado del mantenimiento de parques y jardines aumenta de 0,33 GWh a 0,39 GWh. Este es un consumo muy pequeño comparado con los otros sectores y su potencial de ahorro es muy reducido.

2.5.4 Limpieza viaria

El servicio de limpieza urbana está dotado de un conjunto de vehículos, adaptados a las diferentes necesidades que presentan las zonas peatonales, calles, aceras, paseos, parques y jardines de la ciudad. La estimación del consumo de este sector queda incluida en el apartado referido a la gestión de residuos y el servicio de limpieza urbana.

Con las consideraciones descritas, el consumo del espacio público en una situación de máxima eficiencia es de 22,38 GWh/año. Esta reducción es debida básicamente a la mejora de la eficiencia del alumbrado público, el sector responsable de la mayor parte del consumo del espacio público.



[GWh/año]	Tendencial	Máxima eficiencia	Reducción
Alumbrado público	36,12	21,66	40,03%
Semáforos	2,15	0,37	82,86%
Parques y jardines	0,39	0,35	10,18%
Total	38,66	22,38	42,11%

Tabla 18: Consumo tendencial y de máxima eficiencia en el espacio público

Fuente: Elaboración propia

2.6 Flujos másicos

2.6.1 RSU

Un aspecto básico en el escenario de emisiones neutras es el modelo de gestión de los residuos, tanto en lo que refiere a la disminución de emisiones (sector responsable del 3% de las emisiones directas) como de opciones de recuperación energética y de materiales que ayudan a evitar o a reducir las emisiones de otros ámbitos.



Actualmente a través del Plan Integral de Residuos Urbanos de Vitoria-Gasteiz se trabaja en esta línea pero es conveniente proyectar a más largo plazo y determinar cuáles serán las claves de un modelo eficiente de gestión de residuos en el 2050. De este modo se pueden enfocar los esfuerzos para alcanzar una estrategia metabólica de recursos materiales óptimos en un marco de gestión viable.

2.6.1.1 Claves del modelo

- Promover la prevención de los residuos y fomentar su reutilización
- Incrementar la valorización material potenciando la recogida selectiva en origen de los residuos
- Optimizar y ambientalizar los servicios de recogida de residuos y limpieza urbana
- Tratar el 100% de la fracción Resto y conseguir el mínimo vertido

- e) Maximizar la valorización energética
- f) Otros aspectos (Secuestro de carbono por aplicación de compost)

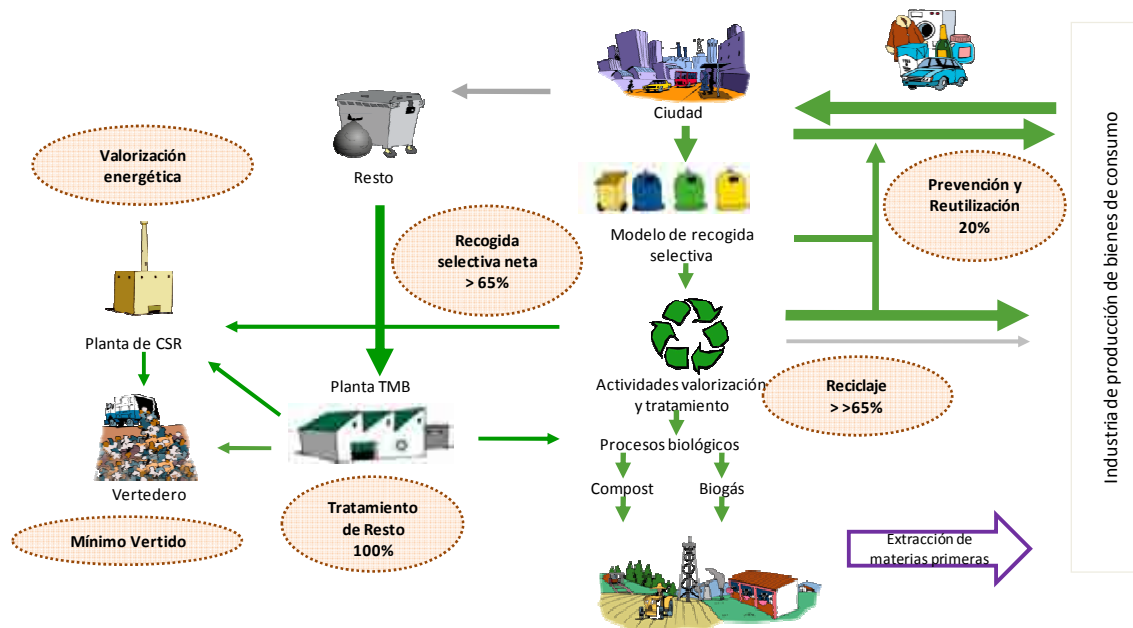


Figura 10: Modelo de gestión de residuos propuesto para el escenario 2050.

Fuente: Elaboración propia

a) Promover la prevención de los residuos y fomentar su reutilización:

La prevención de los residuos es la primera opción de su gestión según la directiva europea. Por este motivo, se propone implantar un Plan Local de Prevención de Residuos con dos horizontes temporales. El primer horizonte alcanza hasta el 2020 y promueve la reducción de los residuos en un 10% del total generado (cada fracción tendrá un potencial de reducción diferente en función de sus características específicas).

El segundo horizonte se sitúa en el período 2020-2050 dónde esta reducción se incrementa un 10% sobre los resultados de la primera fase de trabajo.

Mediante la elaboración de Planes Locales de Prevención, se determinan objetivos, prioridades, acciones concretas, recursos disponibles (p.e. facilitar un espacio y herramientas para la reutilización de bienes como muebles, electrodomésticos, etc.) e indicadores para aplicar a medio y largo plazo una estrategia efectiva que consiga llegar a los objetivos planteados de reducción de los residuos generados.

Esta propuesta sigue la línea de actuación del documento Cambio Global España 2020/50 dónde se propone un objetivo aún más atrevido que consiste en reducir la generación de residuos urbanos hasta alcanzar las cantidades producidas en 1990. Esta reducción supondría, considerando como valor de partida el escenario deseable de generación 2020 respecto el escenario deseable de generación 2050, una disminución del 35 % en los residuos urbanos generados.

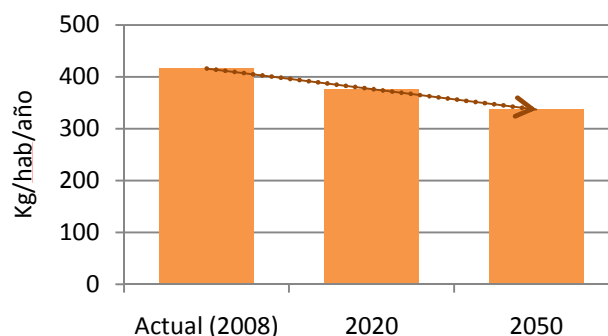


Figura 11: Evolución de la generación de residuos por cápita en Vitoria-Gasteiz
Fuente: Elaboración propia

b) Incrementar la valorización material potenciando la recogida selectiva en origen de los residuos

La recuperación de materiales para el reciclaje tiene un potencial de ahorro de emisiones globales relevante, especialmente para algunos tipos de plásticos y metales.

Para ello se deberá consolidar y ampliar el servicio actual de recogida selectiva, incorporando o ampliando instrumentos de fomento de estas recogidas hasta alcanzar los objetivos descritos:

Porcentaje de recogida selectiva por fracción (%)

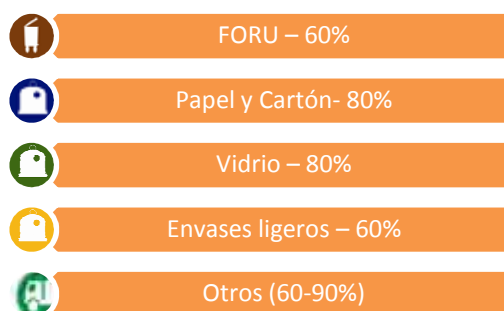


Figura 12: Porcentaje de recogida selectiva por fracción (%)
Fuente: Elaboración propia

A los porcentajes de recogida selectiva neta por fracción se le añadiría los materiales recuperados de las diferentes fracciones para obtener la valorización material secundaria de los residuos.

El crédito energético por reciclaje³ teniendo en cuenta los valores de generación esperados (y por lo tanto considerando los mecanismos anteriormente expuestos de prevención) y los objetivos de recogida selectiva sería aproximadamente:

³ El crédito por reciclaje corresponde a la diferencia de consumo energético entre la producción de una tonelada de papel, vidrio, textil, metal, plástico a partir de materias primas vírgenes o a partir de materiales reciclados.

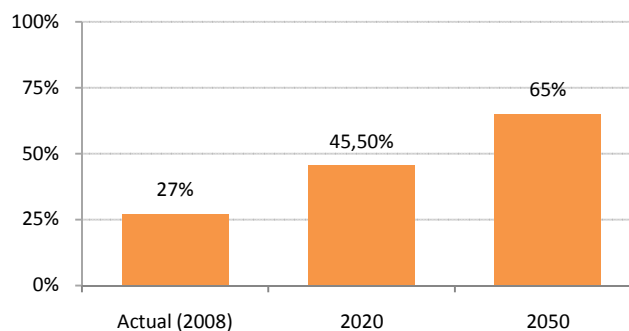


Figura 13: Evolución de los valores de recogida selectiva neta
Fuente: Elaboración propia

Año	Tendencial	Máxima eficiencia
Crédito por reciclaje	>90	>125

Tabla 19: Evolución del ahorro de energía por crédito por reciclaje aplicando metodología con perspectiva de ciclo de vida en GWh⁴. Información complementaria.
Fuente: elaboración propia

Para el desarrollo de esta acción se requiere de un diseño adecuado del sistema de recogida que facilite su uso por parte de los distintos usuarios, además de un proceso de participación y comunicación a la ciudadanía, máxima eficiencia del servicio para evitar desbordamientos o malos hábitos, etc.

La propuesta del nuevo modelo de recogida de residuos diseñado con la finalidad de hacer alcanzables los objetivos expuestos consiste en la implantación de 1.200 baterías de los cinco contenedores en áreas de acera (Resto, FORU, Envases Ligeros, Papel y cartón y Vidrio) así como el incremento de otros servicios como la recogida de textiles, voluminosos, etc. Recordar que la distancia al punto de recogida es un parámetro fundamental para conseguir la participación ciudadana en la recogida selectiva.

Tal y como se puede observar el consumo energético de la recogida es difícilmente reducible, ya que se prioriza el incremento de la recogida selectiva que, a su vez, comporta un aumento del consumo energético. Aún así, este se puede ver bastante reducido al aplicar nuevos vehículos con tecnologías y combustibles más limpios, tal y como se muestra en el siguiente punto.

c) Optimizar y ambientalizar los servicios de recogida y limpieza urbana de residuos.

Con el objetivo de reducir el consumo de las operaciones de recogida de residuos se proponen los siguientes cambios.

- Disponer de vehículos eléctricos para realizar tareas de limpieza viaria con vehículos pequeños (porters eléctricos)

Hay que tener en cuenta que el ayuntamiento debe disponer de puntos de suministro de energía eléctrica para la carga de las baterías.

- Disponer de vehículos híbridos con biodiesel 100% para realizar las tareas de recogida más pesadas como el vaciado de contenedores, el transporte de la central de neumática a la planta de tratamiento, etc.

Los biocombustibles son una fuente de energía autóctona, técnicamente viable y que tiene el potencial de reducir sustancialmente las emisiones de CO₂. Concretamente se propone el uso de biodiesel obtenido de aceites vegetales usados al 100% potenciando, por otro lado, la recogida selectiva de los aceites usados del municipio.

A este hecho se le añade que los vehículos híbridos de recogida de residuos permiten (al combinar un motor movido por energía eléctrica proveniente de baterías y un motor de combustión interna) reducir el consumo de combustible y las emisiones derivadas además de un bajo nivel de ruido. Para realizar este cálculo se ha supuesto una reducción del 30%.

- Optimizar los programas de recogida neumática para disminuir el consumo energético actual y facilitar la recogida selectiva de todas las fracciones a sus usuarios.
- Reducir los consumos energéticos de las instalaciones y oficinas correspondientes a los servicios de recogida y limpieza viaria aplicando las medidas expuestas anteriormente para los sectores residenciales y equipamientos.

Con las consideraciones descritas se consigue un potencial de ahorro importante:

Año	Tendencial	Máxima eficiencia	Reducción
Recogida de residuos	12,51	8,71	30,38%
Limpieza urbana	5,83	3,49	40,14%
Inspección y otros	0,16	0,11	31,25%
Edificios	1,16	0,69	40,00%

Tabla 20: Evolución consumo por tipo de servicio en GWh
Fuente: elaboración propia

Año	Tendencial	Máxima eficiencia	Reducción
Combustible (recogida residuos, limpieza e inspección)	16,46	10,74	34,75%
Electricidad (recogida neumática, edificios)	2,51	1,84	26,70%
Térmico (edificios)	0,70	0,42	40%

Tabla 21: Evolución consumo de la recogida de residuos y limpieza urbana por fuente energética en GWh
Fuente: elaboración propia

d) Tratar el 100% de la fracción Resto y conseguir el vertido mínimo.

En consonancia con el documento Cambio Global España 2020/50 en el 2050 el modelo de tratamiento de residuos debe contemplar el hecho que sólo se podrá depositar en el vertedero menos del 5% de los residuos generados en el municipio y siempre que estos hayan sido objeto de algún tratamiento previo.

Por este motivo, se propone tratar la fracción Resto en una planta de tratamiento mecánico-biológico y su rechazo transformarlo en combustible sólido recuperado. Respecto a la FORU se recomienda su biometanización en un digestor y su posterior transformación en compost. Respecto al resto de fracciones recogidas selectivamente se enviarán a sus respectivas plantas de reciclaje.

En la siguiente tabla se muestra una aproximación a los valores de consumo de la planta de tratamiento mecánico -biológico (Resto y FORU- de manera diferenciada), la planta de

fabricación de CSR, la planta de selección de envases (sólo se disponen de los datos de esta planta) y del depósito controlado. Los consumos energéticos de los diferentes tratamientos disminuyen (al entrar menos toneladas) exceptuando la planta de envases cuyo incremento (se estima en un 45%) comporta que el consumo del 2050 de las plantas de tratamiento sea ligeramente mayor. Recordar que un correcto modelo de gestión de residuos prioriza la valorización material.

Año	Tendencial	Máxima eficiencia	Reducción
Combustible	0,99	1,03	-4,04%
Electricidad	10,90	11,52	-5,69%
Tratamiento de residuos (Total)	11,89	12,55	-5,55%

Tabla 22: Evolución consumo del tratamiento de los residuos por fuentes energéticas en GWh

Fuente: elaboración propia

e) Maximizar la valorización energética

Otro factor a contemplar en la elección de los tratamientos de los residuos es el aprovechamiento energético de los mismos intentando convertir el residuo en un recurso.

En el marco descrito en el apartado anterior se observa cómo, a parte de los valores de consumo expuestos, hay asociada una producción energética correspondiente a la generación de biogás a través de los procesos de metanización y al uso del CSR como combustible alternativo en, por ejemplo, cementeras.

Además se propone transformar los residuos de aceites vegetales recogidos en biodiesel 100%.

La siguiente tabla muestra el potencial energético que se obtendría en este marco.

Año	Tendencial	Máxima eficiencia	Reducción
Tratamiento de residuos	78,56	88,40	-12,53%

Tabla 23: Evolución de la valorización energética de los residuos en GWh

Fuente: elaboración propia

En el apartado 3.3.5 se definen más detalladamente los procesos de valorización energética de los residuos.

f) Otros aspectos (Secuestro de carbono por aplicación de compost)

Otro factor a considerar en un modelo estratégico de gestión de residuos es el papel del compost como sumidero de carbono.

El carbono del suelo desempeña también un papel esencial en el ciclo global del carbono. Según un estudio del Depto. Edafología y Química Agrícola (USC) si 8 Gt de C antrópico son liberadas anualmente a la atmósfera, 2 Gt de C son secuestradas anualmente en la materia orgánica del suelo (Lal, 2000). La emisión del CO₂ del suelo hacia la atmósfera se acelera por diversos procesos degradativos; por el contrario la restauración de los suelos degradados, en este caso a través del uso de compost, puede contribuir al secuestro del C y a mitigar el efecto invernadero.

La asociación para el estudio de Residuos Sólidos (ISWA) considera que la aplicación de compost en el suelo puede secuestrar entre 11 y 326 kg CO_{2eq}/tonelada de compost en

función del tipo de suelo, lo que supondría una disminución de entre 78 y 2.307 tCO_{2eq} liberadas a la atmósfera.

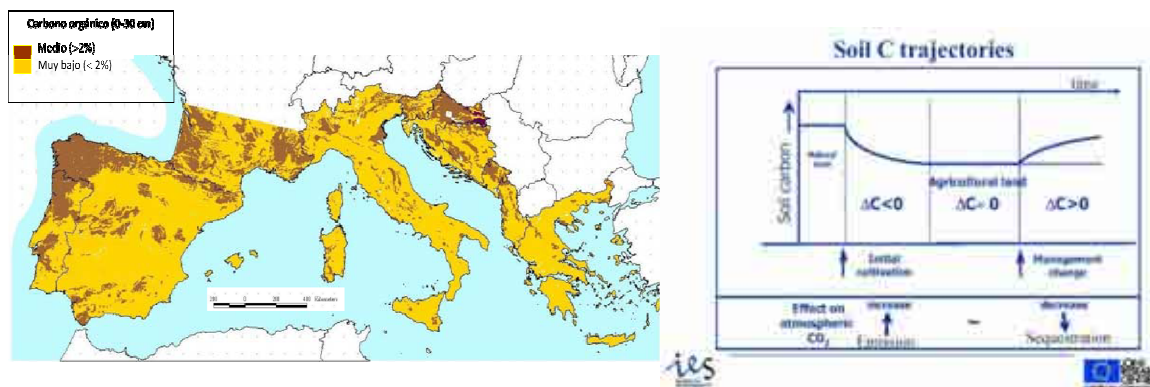


Figura 14: Mapa del carbono orgánico presente en el suelo de las zonas mediterráneas. Gráfico del impacto de la gestión agrícola en el carbono del suelo.

Fuente: Zdruli & Jones, European Soil Bureau, Joint Research Centre, Ispra.

2.6.1.2 Consumo energético del modelo de residuos

El modelo de gestión de residuos propuesto puede lograr para el 2050 un consumo de 25,32 GWh. Esto supone una reducción de alrededor del 20% respecto al 2020 tendencial ya que se prioriza el incremento de la recogida selectiva que, a su vez, comporta un aumento del consumo energético. Por otro lado, es un sector donde a través de la valorización energética hay posibilidades de producir energía (metanización, producción de CSR, etc), así como un ahorro energético a través de la valorización material (reciclaje).



Año	Tendencial	Máxima eficiencia	Reducción
Combustible	17,45	11,77	32,55%
Electricidad	13,41	13,36	0,37%
Térmico	0,70	0,42	40,00%
Total	31,56	25,55	19,04%

Tabla 24: Evolución del consumo del sector residuos y limpieza urbana por fuentes energéticas (GWh)

Fuente: elaboración propia

2.6.2 Agua

En lo referente al sector del agua se pretende disminuir las emisiones que de él se derivan mediante dos grandes objetivos: la disminución del consumo de agua potable actual y la optimización del funcionamiento de la infraestructura de saneamiento (teniendo en cuenta que el consumo energético por m³ en el saneamiento es 30 veces superior a la potabilización).



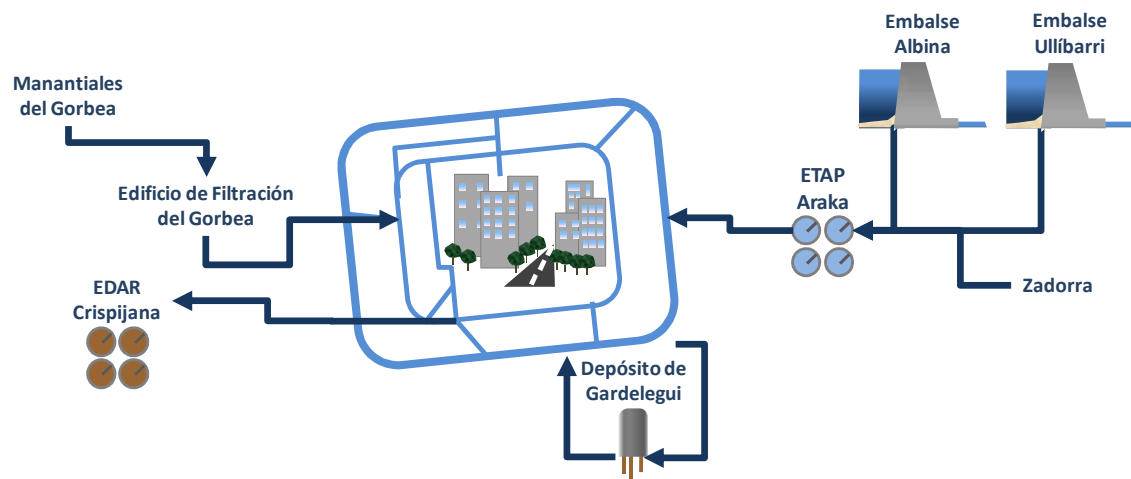


Figura 15: Esquema del ciclo hidrológico urbano de Vitoria-Gasteiz
Fuente: Elaboración propia

El ahorro en el consumo urbano se logrará mediante la implementación de medidas de eficiencia en el sector residencial. Se necesitan desde sistemas ahorradores de agua (con un potencial de ahorro del 50%), a cambios de actitud para disminuir los consumos, además de la ejecución de un plan que permita la medición separativa del 100% de los suministros. La implantación de los reductores de caudal deberá llegar al 50% en 2020 y próximo al 100% en el 2050.



La optimización de la EDAR de Crispijana se logra a partir de la disminución de los caudales de las aguas de entrada. El plan de ahorro doméstico reduce a su vez las aguas residuales que llegan a la estación. La reducción en el consumo energético debido a la reducción del caudal, se asume en un 4% para el 2020 y en un 5% para 2050 en referencia a su mismo año sin la aplicación de medidas.

Actualmente (año 2008) el consumo per cápita (236.525 habitantes) se sitúa en 126 litros diarios en el sector residencial. Por lo que atañe a la eficiencia de la red, ésta se sitúa en el 88%. Estos datos corresponden a una demanda en fuente de 20,54 hm³ anuales y a 0,94 GWh anuales en potabilización.

Para el año 2020 se pretende reducir el consumo per cápita (256.485 habitantes) hasta los 99 litros diarios en el sector residencial. Por lo que atañe a la eficiencia de la red, esta se sitúa en el 92%. Estos datos corresponden a una demanda en fuente de 19,00 hm³ anuales y a 1,04 GWh anuales en potabilización.

En 2050 se incrementa la reducción en el consumo per cápita (276.046 habitantes) hasta los 79 litros diarios en el sector residencial. Respecto a la eficiencia de la red, ésta se sitúa en el 95%. Estos datos corresponden a una demanda en fuente de 18,13 hm³ anuales y a 0,83 GWh anuales en potabilización y suministro.

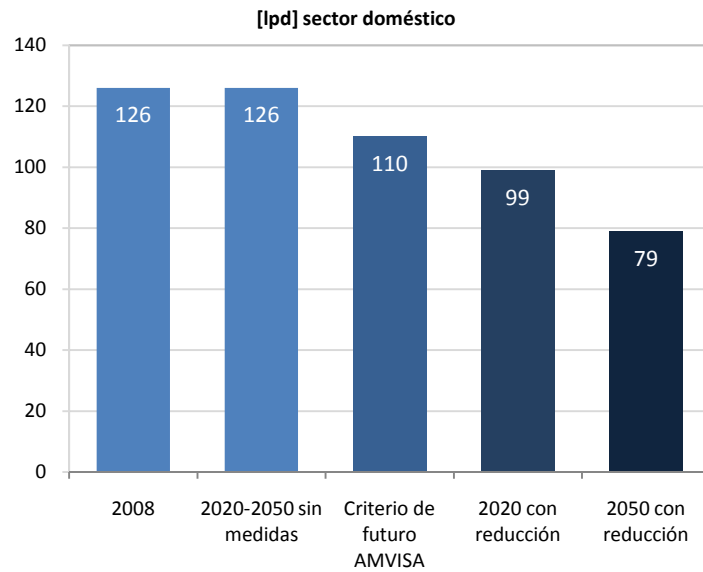


Figura 16: Consumos de agua por cápita en el sector doméstico para distintos escenarios
Fuente: Ayuntamiento de Vitoria, AMVISA y elaboración propia

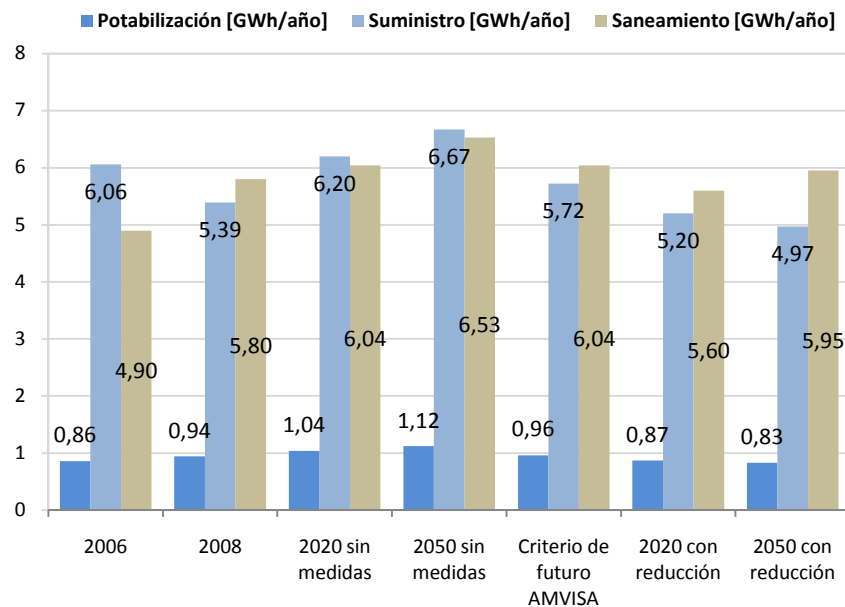


Figura 17: Consumos energético en la potabilización y saneamiento del agua para distintos escenarios
Fuente: Ayuntamiento de Vitoria, AMVISA y elaboración propia

Teniendo en cuenta lo analizado el consumo energético por el ciclo hidrológico se podría reducir a 10,92 GWh/año.

[GWh/año]	Tendencial	Máxima eficiencia	Reducción
Potabilización	1,12	0,83	25,89%
Suministro	6,67	4,97	25,49%
Saneamiento	6,53	5,95	8,88%
Total	13,20	10,92	17,27%

Tabla 25: Consumo tendencial y de máxima eficiencia para el ciclo hídrico
Fuente: Elaboración propia

2.7 Sector primario

En la actualidad, el sector primario presenta una clara tendencia a incrementar el consumo energético ya que los sistemas productivos son cada vez más dependientes de los aportes externos, repercutiendo tanto en la competitividad del producto (aumentan los costes) como en el medio ambiente (aumentan las emisiones).



En el consumo energético y las emisiones del sector primario hay que tener en cuenta, no sólo la energía utilizada directamente en los procesos productivos (gasóleo, electricidad, etc.) sino que es importante considerar las materias primas (fertilizantes, pesticidas, semillas, etc.) utilizadas en estos procesos, ya que estas materias primas tienen asociado un coste energético y un impacto ambiental que proviene tanto del coste de su extracción y fabricación como de su transporte, almacenamiento y distribución.

Una de las características más importantes de los sistemas agrícolas viene dada por la capacidad que tienen las plantas de utilizar la energía solar (flujo natural), transformándola en biomasa, gracias al proceso fotosintético.

Esta biomasa vegetal es la base energética para alimentar de forma directa o indirecta a la mayoría de las cadenas tróficas. La materia vegetal es una de las formas más eficientes de incorporar la energía que llega del sol. Sin embargo, la agricultura, al igual que todas las actividades productivas, necesita un flujo artificial de energía para hacer posible la obtención de las cosechas.

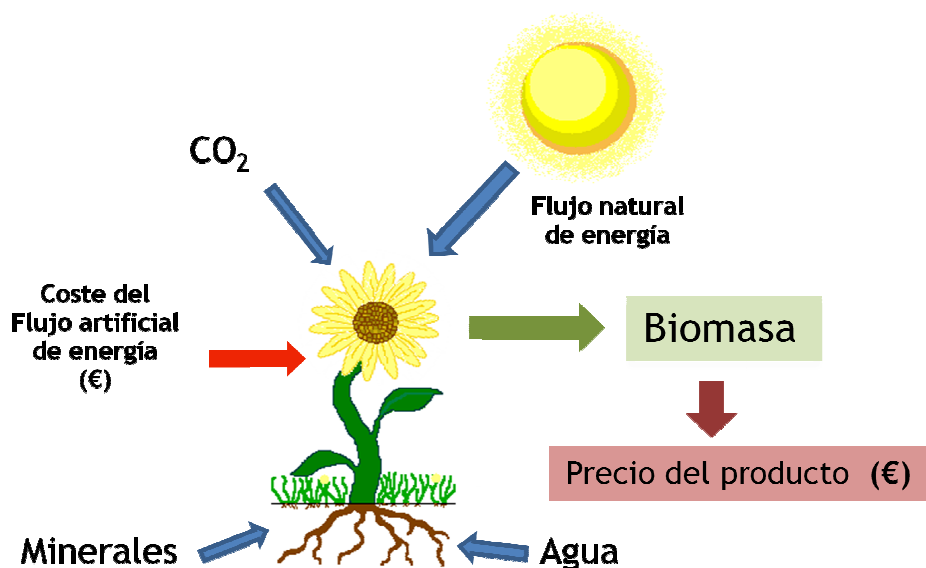


Figura 18: Flujos de energía en el sector primario.
Fuente: Elaboración propia

Una de las condiciones que garantizan la viabilidad del sistema agrario de forma sostenible es que el coste del flujo artificial de energía no sea superior al precio del producto obtenido.

Actualmente el precio de la energía va en aumento, por ello, reducir el consumo energético en el sector primario, sin afectar a la rentabilidad de los cultivos, es un objetivo a cumplir tanto para reducir el impacto como para que sea viable.

Para poder aplicar las acciones propuestas es necesario elaborar un plan de acción específico del sector, donde se describan las líneas estratégicas a seguir, en función de los productos a potenciar y se estipule el modelo de producción que se acuerde adoptar. En dicho plan también debe analizarse la rentabilidad de estos productos en el mercado y si se fomenta la distribución para el consumo local. Es importante que en la elaboración de este plan estén implicados todos los profesionales y cooperativas agrarias de la zona.



En el siguiente gráfico se muestran los flujos artificiales de energía (inputs) y el peso relativo que tiene cada uno en el consumo global del sector primario.

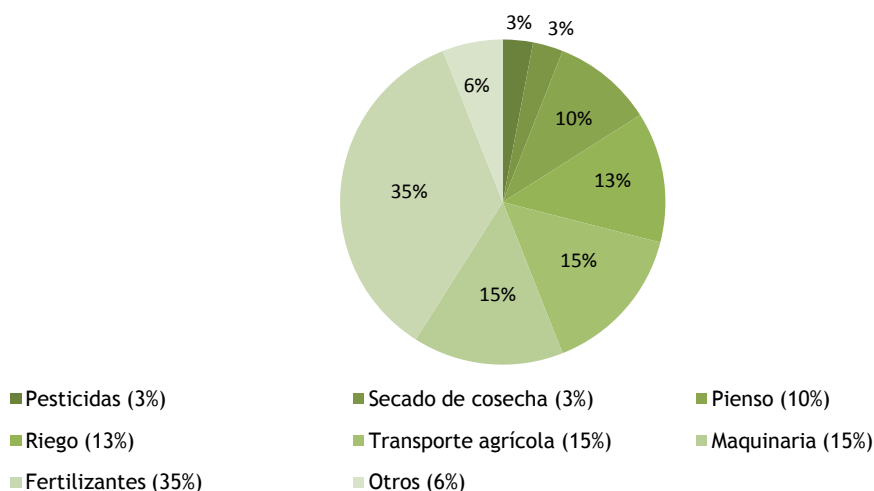


Figura 19: Emisiones en el Sector Primario
Fuente: adaptado de IDAE, 2007

Los principales consumidores de energía son los fertilizantes inorgánicos, seguidos de la maquinaria agrícola y el transporte, estos serían los puntos donde actuar para conseguir una reducción de la energía consumida y las emisiones, para ello, se proponen las siguientes acciones.

a) Agricultura de conservación:

Se basa en el uso de los residuos del cultivo anterior como cubiertas protectoras del suelo. Los sistemas que retienen los residuos de la cosecha anterior tienden a incrementar el contenido de materia orgánica en el suelo, enriqueciéndolo para el posterior cultivo. Disminuye la energía necesaria por hectárea, debido principalmente, a la disminución en el uso de la energía asociada a la maquinaria y combustible, por tanto, hay un ahorro neto de combustible.

b) Fomento del uso de biodiesel en el transporte agrícola:

Se propone substituir el combustible convencional por biodiesel en la maquinaria y el transporte agrícola. El uso de biocombustibles reduce considerablemente las emisiones de GEI debidas a la quema de combustibles fósiles, se calcula que las emisiones del sector primario se reducirían un 1,8%.

c) Optimización en el uso de fertilizantes:

Lograr una agricultura sostenible, plantea un dilema entre la meta de alcanzar altos rendimientos en los cultivos y la necesidad de reducir el deterioro ambiental provocado en el proceso productivo. Sin embargo, en lo que se refiere a la utilización de fertilizantes, un manejo racional de los nutrientes aplicados permite lograr niveles óptimos de productividad y al mismo tiempo minimizar el impacto ambiental. Esta acción propone ajustar las dosis de nutrientes aplicadas a cada cultivo.

d) Promoción del uso de leguminosas como abonado verde:

La introducción de un cultivo de leguminosas en un periodo intermedio, dentro del ciclo anual de los cultivos, permite, incrementar la fertilidad del suelo, aumentando los niveles edáficos de nitrógeno. Se mejora así la producción del cultivo asociado, además de permitir a medio y largo plazo un ahorro sustancial en fertilizantes nitrogenados.

e) Uso de los residuos ganaderos como fertilizantes orgánicos:

El abono de fondo, representa entre el 30% y el 50% del total de abono aplicado al cultivo, enriquece el suelo con nutrientes y materia orgánica, preparándolo para la siembra. Mediante esta acción se consigue un ahorro en fertilizantes químicos, además de aprovechar todo el estiércol producido en el municipio, cerrando así el ciclo de la materia.

f) Explotaciones de ganadería extensiva:

Esta acción propone el uso de pastos, pastizales y herbazales para la alimentación de ganadería mediante explotaciones de ganadería extensiva. Este tipo de ganadería requiere un bajo aporte energético respecto a las explotaciones de tipo intensivo, en las que los animales están permanentemente estabulados. Además, los productos obtenidos tienen un valor añadido de cara al consumidor, al garantizar la calidad del producto. Además contribuyen a mantener la biodiversidad de los agrosistemas.

g) Sistemas silvopastoriles:

Esta acción propone desarrollar ganadería extensiva de equino y caprino mediante sistemas silvopastoriles. Bien gestionados, estos sistemas permiten la producción pecuaria y resguardan la biodiversidad. También contribuyen a la protección del suelo y prevención de incendios, permiten asimismo la obtención de productos cárnicos, leche y derivados, madera, barreras rompevientos, e incluso opciones agroecoturísticas, al mejorar el paisaje. La producción animal y la de los árboles se complementan para dar un mayor beneficio para ambas, a la par se mejora la conservación del bosque y se aprovecha un recurso renovable para alimentar al **ganado**.

Con estas acciones se reduce el impacto del sector primario, reduciendo el flujo artificial de energía. Así no sólo se reduce el consumo energético y las emisiones, sino que también se consigue una reducción del coste económico. Por lo tanto, fomentar la aplicación de estas acciones en el sector primario permitirá tener un sistema de producción más sostenible y rentable.

Con la aplicación de las acciones descritas se puede reducir el consumo energético del sector primario en 10,80 GWh, llegando a un consumo total de 74,35 GWh/año.

[GWh/año]	Tendencial 2020	Máxima eficiencia	Reducción
Sector primario	85,15	74,35	12,68%

Tabla 26: Consumo actual y de máxima eficiencia en primario
Fuente: Elaboración propia

2.8 Sectores transversales: la dieta

Diversos estudios realizados por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), estiman que los alimentos son responsables de un 20% de las emisiones y el consumo energético en la Unión Europea.

En este apartado se analiza el consumo energético y las emisiones derivadas de la producción de los alimentos consumidos en la dieta, a partir de los hábitos alimentarios de la población de Vitoria-Gasteiz.



La dieta media tiene un consumo energético anual de 2.055 kWh y unas emisiones de 1.557 kgCO_{2eq}.

Los diferentes tipos de alimentos varían enormemente en su impacto ambiental, tanto en emisiones de GEI como en consumo energético. Los alimentos más caros medioambientalmente hablando son los de origen animal, así obtener un kg de carne o de pescado es mucho más costoso que producir un kg de verduras.

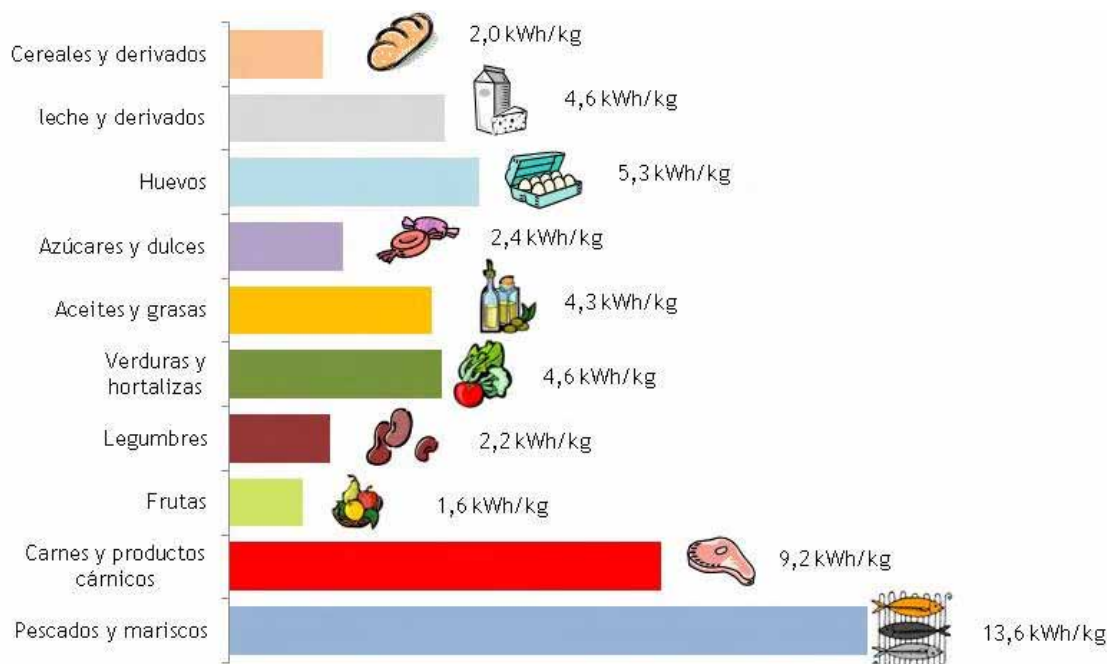


Figura 20: Consumo de energía por kg producido según tipo de alimento.
Fuente: Manual EAP.

Las decisiones de los consumidores, así como las estrategias marcadas desde el municipio en términos de producción local pueden contribuir en gran medida a reducir las emisiones y el consumo energético de la dieta.

Vitoria-Gasteiz puede reducir el impacto derivado de la dieta de sus habitantes, aumentando la producción local de productos ecológicos y promocionando su consumo en el municipio.

Se estima que el cambio a una dieta ecológica supone una reducción del 20% en las emisiones de GEI de los alimentos consumidos. En la producción convencional, el transporte de alimentos de los lugares de producción a los lugares de consumo supone aproximadamente el 20% de las emisiones y el consumo energético de la dieta. Pasar de un modelo de producción convencional a un modelo de producción y consumo de productos locales y ecológicos supondría reducir considerablemente el impacto causado por la dieta.

En el apartado de producción y cultivo de alimentos, una propuesta sostenible hacia el autoabastecimiento y la producción local, se ha valorado la capacidad de autoproducción del municipio en los productos de primera necesidad: hortalizas, carne, leche y huevos. En la siguiente tabla se resume los resultados obtenidos.

Alimento	Abastecimiento actual [%]	Abastecimiento potencial [%]	Superficie prevista [ha]
Hortalizas	4,5	100	907
Carne ovino	22	100	1.884
Carne Bovino	12		
Leche	14	50	2.719
Huevos	0	100	389

Tabla 27: Potencial de autoabastecimiento de Vitoria-Gasteiz en la producción (Teniendo en cuenta la superficie provincial).

Fuente: Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno Vasco.

Con un consumo de productos ecológicos y locales el ahorro energético por cápita sería de **569 kWh** y en emisiones **453 kgCO_{2eq}**, este ahorro sería equivalente a la reducción de las emisiones de más de 50.000 coches.

Se estima que con las acciones propuestas de autoabastecimiento y producción local se puede llegar a reducir en un 28% el impacto causado por la dieta respecto al 2020.

[GWh/año]	Tendencial 2020	Máxima eficiencia	Reducción
Dieta	527	381	28 %

Tabla 28: Consumo actual y de máxima eficiencia en la dieta

Fuente: Elaboración propia

2.9 Consumo total

En una situación de máxima eficiencia, el consumo energético de la ciudad de Vitoria-Gasteiz se puede reducir más de un 53%, lo que supone un consumo anual de **1.467,36 GWh**.

Usos [GWh]	Tendencial	Máxima eficiencia	Reducción
Transporte	1.037,62	184,90	82,18%
Sector terciario	706,58	388,42	45,03%
Equipamientos	86,68	50,54	41,69%
Sector residencial	1.131,22	710,31	37,21%
Espacio publico	38,66	22,38	42,11%
Residuos urbanos	31,56	25,55	19,04%
Ciclo hídrico	13,20	10,92	17,27%
Sector primario	85,15	74,35	12,68%
Total	3.130,68	1.467,36	53,13%

Tabla 29: Consumo tendencial y de máxima eficiencia en todos los sectores
Fuente: Elaboración propia

Si se diferencia el consumo energético por fuentes se obtiene la siguiente distribución donde la demanda de energía térmica supone casi la mitad.

Fuentes [GWh]	Tendencial	Máxima eficiencia	Reducción
Electricidad	939,11	795,41	15,30%
E. Térmica	1.136,50	574,84	49,42%
Combustible	1.055,07	97,11	90,80%
Total	3.130,68	1.467,36	53,13%

Tabla 30: Consumo tendencial y de máxima eficiencia por fuentes
Fuente: Elaboración propia

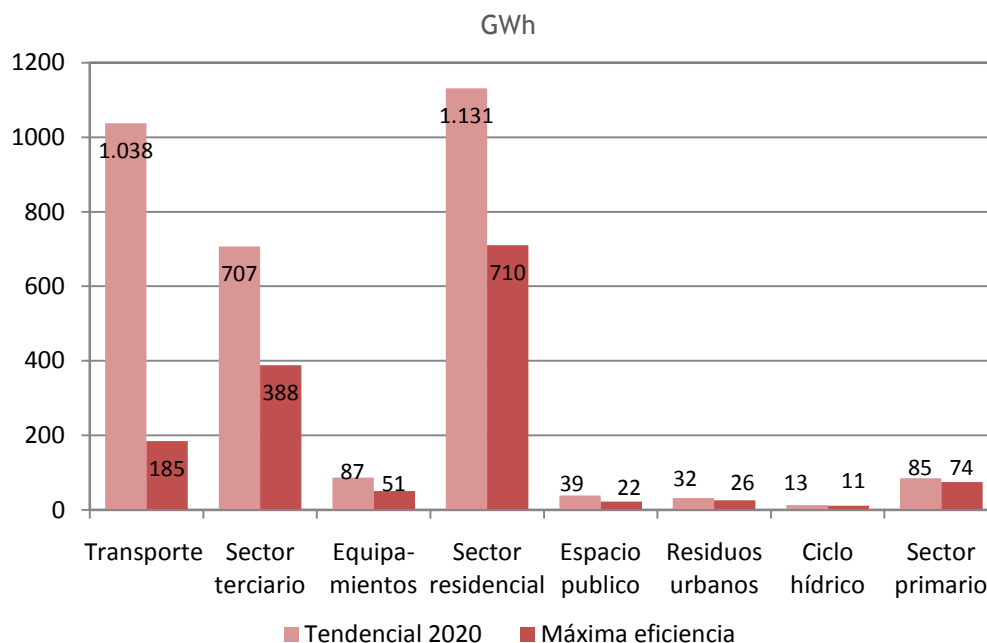


Figura 21: Comparación por sectores del consumo en el escenario tendencial 2020 y el escenario de máxima eficiencia

Fuente: Elaboración propia

Considerando la población del 2050, se calcula el consumo por habitante en ambos escenarios:

Usos [kWh/hab.]	Tendencial	Máxima eficiencia	Reducción
Transporte	4.045,55	669,80	83,44%
Sector terciario	2.754,86	1.407,07	48,92%
Equipamientos	337,95	183,08	45,83%
Sector residencial	4.410,49	2.573,17	41,66%
Espacio publico	150,73	81,08	46,21%
Residuos urbanos	123,05	92,56	24,78%
Ciclo hídrico	51,46	39,56	23,13%
Sector primario	331,99	269,34	18,87%
Total	12.206,08	5.315,65	56,45%

Tabla 31: Consumo tendencial y de máxima eficiencia por habitante de Vitoria-Gasteiz

Fuente: Elaboración propia

El consumo anual por habitante en un escenario de máxima eficiencia es de 5,32 MWh, siendo el sector residencial el sector de más consumo, seguido por la movilidad y el sector terciario.

3 Cobertura de la energía con fuentes renovables

3.1 Dificultades de una ciudad autoabastecible energéticamente

Cubrir el 100% de la demanda energética con fuentes renovables es una tarea difícil.

a) Limitación de producción

La ciudad de Vitoria-Gasteiz dispone de recursos finitos de producción. Dentro de la propia ciudad solo se proponen instalaciones solares térmicas, solares fotovoltaicas, mini eólicas y el aprovechamiento de los residuos sólidos. Las tres primeras son tecnologías muy caras y tienen limitaciones espaciales. El aprovechamiento de los residuos está limitado por la propia generación de estos.

Esta limitación obliga a proponer que se utilice la totalidad del territorio de Álava para abastecer Vitoria-Gasteiz mediante otras tecnologías (eólica, huertos solares, hidráulica y biomasa). No obstante estas instalaciones también tienen sus limitaciones, como son el impacto visual y ambiental, la ocupación del territorio o en el caso de la biomasa porque es un recurso finito o porque entra en competencia directa con los alimentos.

Para las tecnologías distribuidas por todo el territorio alavés se considera que solo una parte de la energía producida irá destinada a Vitoria-Gasteiz. Este porcentaje se calcula en base a la población, como el 75% reside en Vitoria, un reparto equitativo supondría mantener el mismo porcentaje de energía destinada a la ciudad.



Figura 22: Ciudad con generación distribuida requiere utilizar todo el territorio y todas las tecnologías para lograr una ciudad autoabastecible energéticamente.

Fuente: CITCEA

b) Acople de la producción con la demanda

No siempre se dispone de la energía dónde y cuándo se precisa. Existen picos de producción y picos de demanda, y estos no acostumbran a coincidir.

Por ejemplo, la mayoría de demanda térmica en calefacción es en invierno y la mayor producción es en verano. Para la energía eléctrica ocurre algo parecido, ya que su

producción está muy relacionada con las condiciones meteorológicas (radiación solar, viento, lluvia...). Tecnologías como la energía solar y la eólica dependen mucho de los factores descritos. Una pauta más homogénea es la de la biomasa y los residuos que tienen una producción relativamente constante durante todo el año. Finalmente, la energía hidroeléctrica sirve para regular estos desfases.

Para un mejor ajuste se requiere una producción en que todas las tecnologías tengan una contribución importante, además de disponer de sistemas de almacenamiento de energía. En este documento se plantean soluciones para estos desfases entre oferta y demanda, aunque se prevé que a corto plazo aparecerán nuevos métodos más eficaces para solventar este problema.

Otra solución es tener una potencia de producción eléctrica mayor al consumo, de esta forma se garantiza el suministro eléctrico de más calidad y con menos cortes.

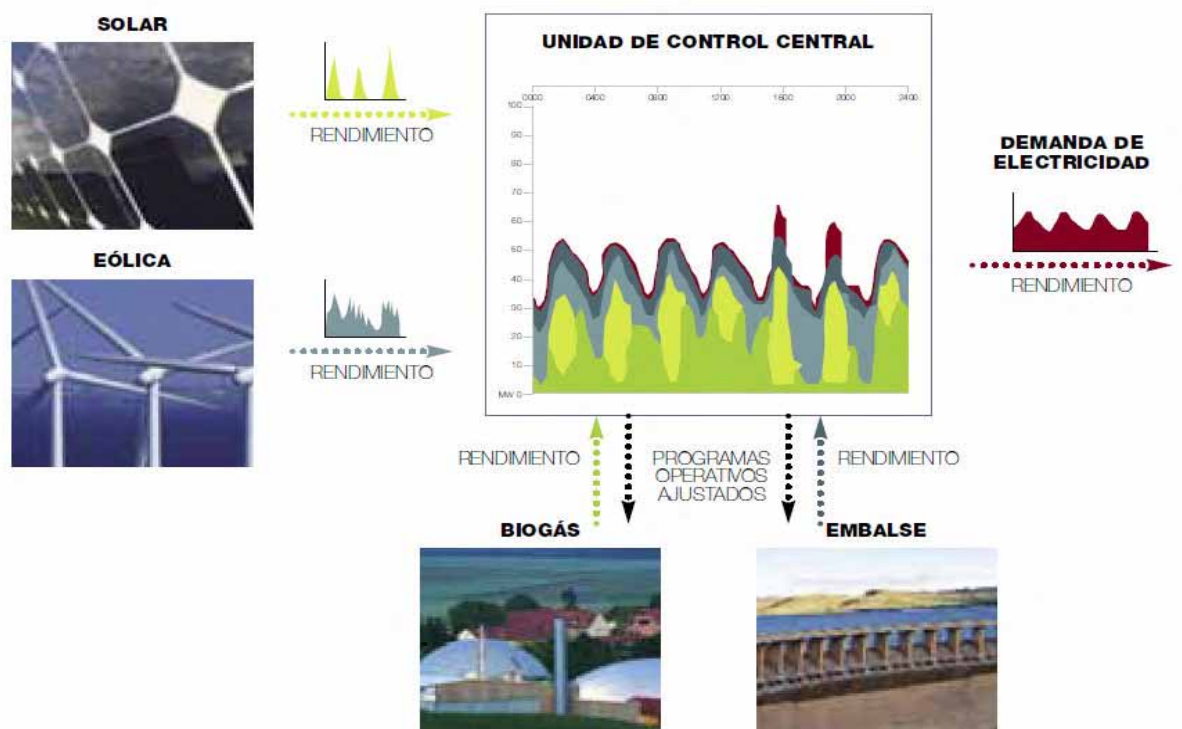


Figura 23: Acople de la producción con renovables y la demanda eléctrica para un día con buenas condiciones meteorológicas. Fuente: Solarserver

c) Adaptación a la red eléctrica

En un sistema eléctrico deben equipararse, en todo momento, el suministro eléctrico y la demanda para poder inyectar electricidad donde se necesite. Para garantizarlo, siempre debe haber disponible una capacidad de generación suficiente y la capacidad de la red debe ser adecuada y operativa cuando se necesite.

La red eléctrica actual no está diseñada para soportar un sistema basado en energías renovables. Se tendría que aumentar la capacidad de la red en ciertos puntos, cercanos a las localidades de producción, principalmente en los nuevos parques eólicos.

Actualmente se están desarrollando distintas tecnologías para poder hacer una red eléctrica más flexible y con mayor eficiencia (transformadores eficientes, FACTS, CVR, distribución en corriente continua, superconductores...).

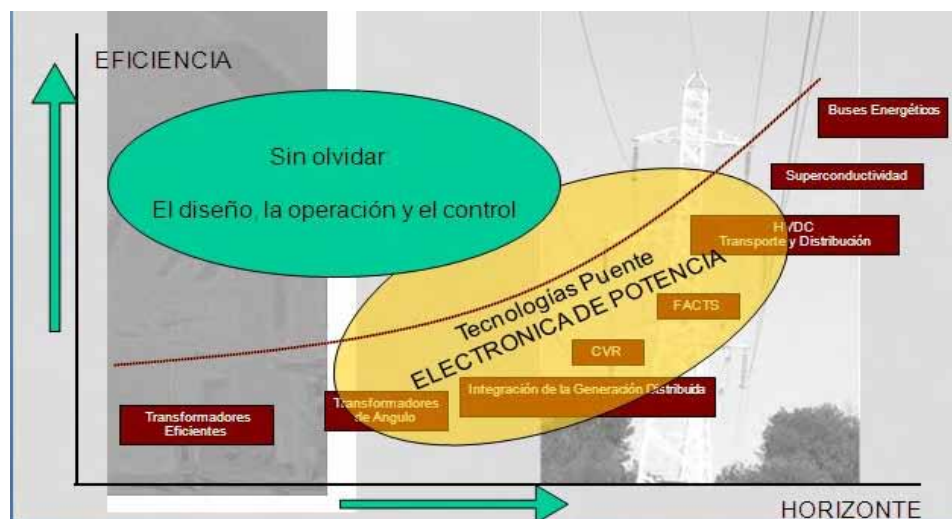


Figura 24: Horizonte temporal y eficiencias de las principales tecnologías de distribución

Fuente: CITCEA

3.2 Situación actual

Se ha calculado la producción energética actual (2008) de la ciudad de Vitoria-Gasteiz y de la provincia de Álava:

	GWh/año	Energía producida en Álava	Energía producida dentro del municipio	Energía asociada al municipio	TOTAL VITORIA-GASTEIZ
EOLICA	Mini eólica	0,13	0,05	0,06	0,11
	Eólica convencional	291,00	0,00	218,25	218,25
	TOTAL	291,13	0,05	218,31	218,36
SOLAR	Térmica	3,96	3,30	0,00	3,30
	Fotovoltaica	5,63	0,91	3,54	4,45
	TOTAL	9,59	4,21	3,54	7,75
BIOMASA	Residuos Agrícolas	20,93	0,00	15,70	15,70
	Residuos Forestales	6,00	6,00	0,00	6,00
	TOTAL	26,93	7,01	16,99	24,00
RESIDUOS	Vertedero de Gardelegui ⁴	4,52	4,52	0,00	4,52
	Biocompost	0,31	0,31	0,00	0,31
	Aceites usados	638,40	0,00	1,29	1,29
	EDAR	3,60	3,60	0,00	3,60
	TOTAL	646,83	8,43	1,29	9,72
HIDRAULICA		551,51	0,00	413,63	413,63
TOTAL RENOVABLES		1525,99	18,69	652,47	671,16

Tabla 32: Producción actual con energías renovables en Álava y Vitoria-Gasteiz (2009)

Fuente: Elaboración propia, Ayuntamiento de Vitoria, EVE, Plan Mugarri

⁴ Este valor corresponde a la producción de electricidad bruta del vertedero de Gardelegui, considerando los residuos urbanos, industriales y los lodos generados en el territorio de Álava

Actualmente Álava tiene una producción energética de renovables importante. Las tecnologías con más contribución son la hidráulica y la eólica. Sin embargo, la energía producida dentro del municipio de Vitoria-Gasteiz es poco relevante. Por este motivo se considera que un 75% de la energía producida en el territorio alavés se asigna a Vitoria. La energía total de Vitoria-Gasteiz será la suma entre la generada en el municipio y la asignada de la producida en la provincia.

Es importante notar que la producción de aceites usados actual es elevada, debido a la planta de producción de biodiesel de segunda generación (Bionor) que tiene una producción anual de 60.000 t de biodiesel. Sin embargo la mayor parte del aceite proviene de todo el territorio nacional y por eso sólo se tiene en cuenta la parte de aceites producida en Vitoria-Gasteiz (1,29 GWh).

3.3 Determinación del potencial

Se calcula el potencial de producción energética que podría llegar la provincia de Álava en 2020. Este cálculo parte del plan Mugarri, pero se incrementa la producción de las tecnologías con más potencial y otras cuya implantación es posible dentro del municipio.

Consideraciones:

- Hay tres tipos de energías generadas; eléctrica, térmica y biocombustibles.
- En las tecnologías en las que se está generando electricidad, se consideran unas pérdidas del 5% por el transporte de la electricidad. Estas pérdidas dependen del voltaje con el que se produce la electricidad (a mayor voltaje mayores pérdidas) y de la distancia entre la producción y el consumo (a mayor distancia mayores pérdidas).
- Hay algunas tecnologías que están distribuidas por todo el territorio alavés, como los parques eólicos o las centrales hidroeléctricas. En estos casos se considera que a Vitoria-Gasteiz le corresponde la parte proporcional a su población. Esto supone un 75% de la energía total producida.
- La mayoría de tecnologías descritas son muy recientes y actualmente se está investigando para aumentar su eficiencia y disminuir los costos de producción. Por lo tanto para calcular la energía producida se consideran rendimientos más elevados a los que se comercializan actualmente.

3.3.1 Energía solar térmica

Se propone un sistema que es capaz de cubrir el 100% de la demanda térmica de baja temperatura (calefacción y ACS) a partir paneles solares térmicos. Estos se complementan con un sistema auxiliar para cuando las condiciones meteorológicas sean muy adversas; se trata de una bomba de calor en que el foco frío es un depósito estacional alimentado por los mismos paneles solares térmicos.

Las placas térmicas se ubican en la cubierta de los edificios junto a una instalación fotovoltaica que subministra la electricidad necesaria para el funcionamiento de la bomba. Con este método se consigue que la bomba térmica trabaje con un COP entre 4 y 8, dependiendo de la climatología exterior, por lo tanto el consumo eléctrico será muy reducido.

También se incluye una caldera auxiliar de gas natural para cuando se interrumpa el funcionamiento de la bomba térmica (por avería o mantenimiento).

La siguiente figura muestra de forma esquemática el funcionamiento del sistema:

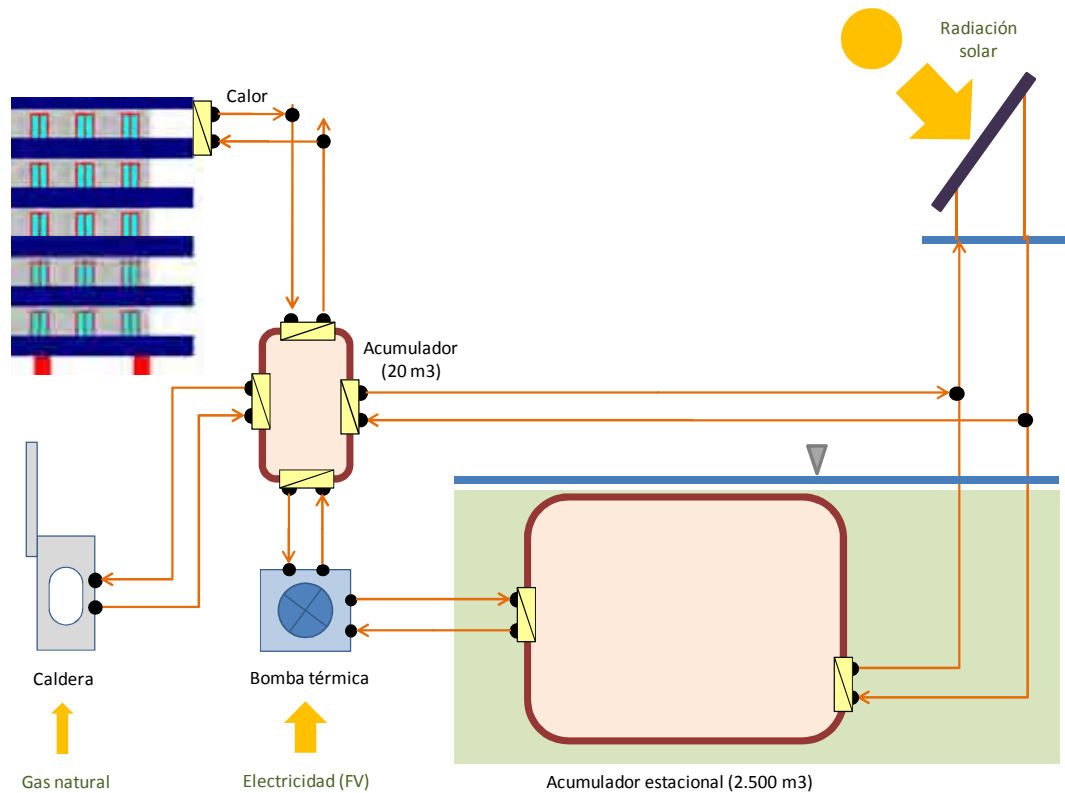


Figura 25: Esquema del sistema para cubrir el 100% de la demanda en ACS y calefacción
Fuente: Elaboración propia

También se ha analizado el sistema con la incorporación de una máquina de adsorción, para generar frío a partir del sol. Esta modificación requeriría una superficie de placas mayor. Debido a las condiciones meteorológicas de Vitoria, su consumo en refrigeración es muy bajo, por lo que no se recomienda este sistema para las viviendas. En cambio para servicios y equipamientos, que si que tienen consumo en refrigeración, se le añade el sistema de frío solar.

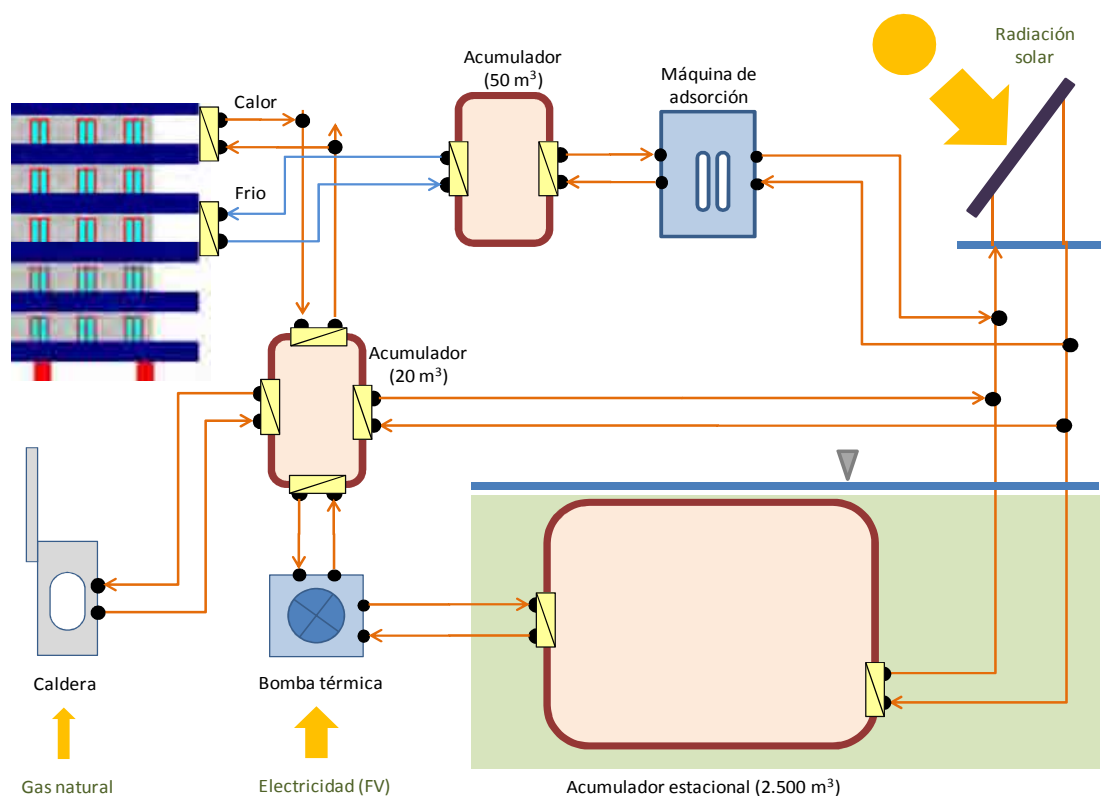


Figura 26: Esquema del sistema para cubrir el 100% de la demanda en ACS, calefacción y refrigeración
Fuente: Elaboración propia

a) Sector residencial

Se propone la implantación de este sistema en todos los edificios de nueva construcción. Para los edificios existentes no se recomienda la implantación de este sistema por las dificultades técnicas y la inversión económica que supondría. En estos centros se propone una instalación de paneles solares térmicos por tal de cubrir el 65% de la demanda de ACS. De esta manera se cubre la demanda térmica de los meses de verano y no hay excedentes de producción.

Se ha simulado el sistema y se obtiene que para abastecer un total de 100 viviendas se necesita un depósito estacional de unos 2.500 m³. A continuación se detallan los resultados de demanda, cobertura y características de la instalación para las distintas tipologías de vivienda:

Demanda térmica	ACS [kWh/viv.]	Cale [kWh/viv]	Total [kWh/viv.]	nº viv.	ACS [GWh]	Cale [GWh]	Total [GWh]
Pluri_nueva construcción	1.500	1.500	3.000	18.669	28,00	28,00	56,01
Uni_nueva construcción	1.500	2.500	4.000	778	1,17	1,94	3,11
Pluri_existente	2.000	2.500	4.500	87.582	175,16	218,96	394,12
Uni_existente	2.000	3.500	5.500	3.389	6,78	11,86	18,64
Total				110.418⁵	211,11	260,76	471,88

Tabla 33: Demanda térmica en el sector residencial en situación de máxima eficiencia
Fuente: Elaboración propia

⁵ Solo se cuantifican las viviendas ocupadas (Tabla 9)

Sistema de generación	Solar térmica [m ² /viv]	Solar térmica [m ²]	Cobertura térmica [GWh]	% cobertura
Pluri_nueva construcción	5	93.346	56,01	100,00%
Uni_nueva construcción	6,5	5.056	3,11	100,00%
Pluri_existente	2	175.165	113,86	28,89%
Uni_existente	2	6.777	4,41	23,64%
Total		280.344	177,38	37,59%

Tabla 34: Cobertura de la demanda térmica y características de la instalación solar térmica para el sector residencial

Fuente: Elaboración propia

Sistema de soporte	E. eléctrica [kWh/viv]	E. eléctrica [GWh]	Solar FV [m ² /viv]	Solar FV [m ²]	Solar FV [kW/viv]	Solar FV [kW]
Pluri_nueva construcción	100	1,87	0,50	9.335	0,10	1.867
Uni_nueva construcción	130	0,10	0,65	506	0,13	101
Total		1,97		9.840		1.968

Tabla 35: Características del sistema fotovoltaico para el consumo de la bomba para el sector residencial

Fuente: Elaboración propia

El siguiente gráfico muestra la evolución de la demanda térmica, de la energía solar captada y de la energía eléctrica producida con el sistema fotovoltaico con el sistema de climatización propuesto:

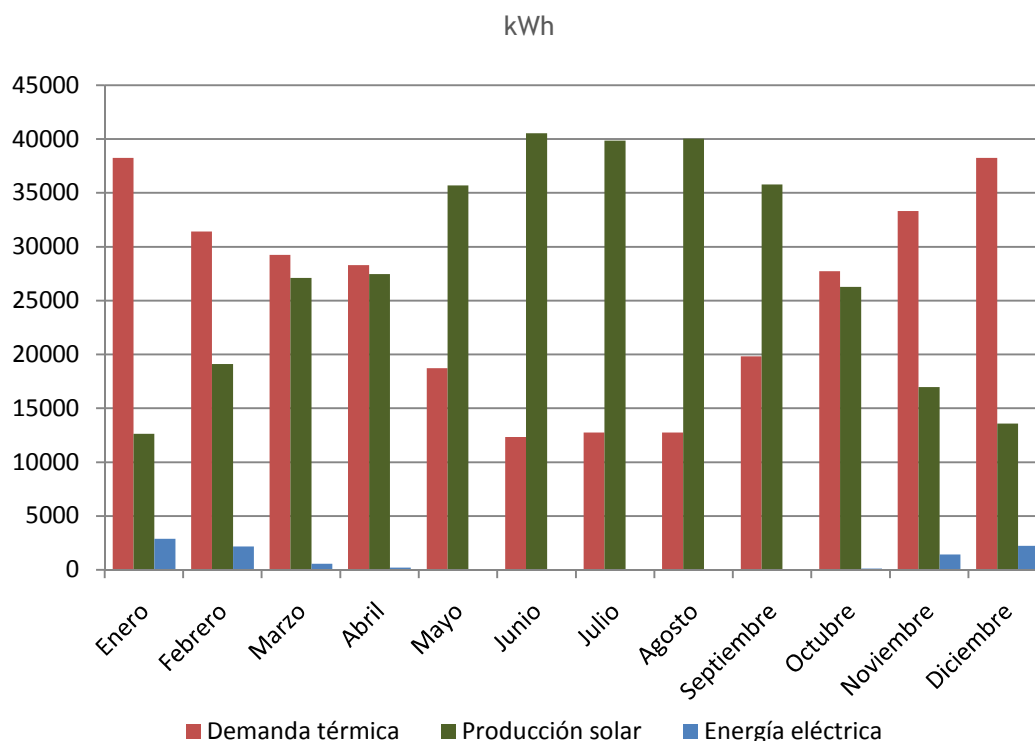


Figura 27: Evolución de la demanda térmica, aporte con energía solar y demanda eléctrica para abastecer la demanda térmica de un edificio de nueva construcción con 100 viviendas

Fuente: Elaboración propia

El siguiente gráfico compara la demanda con la producción de ACS para cubrir el 65% de la demanda en ACS:

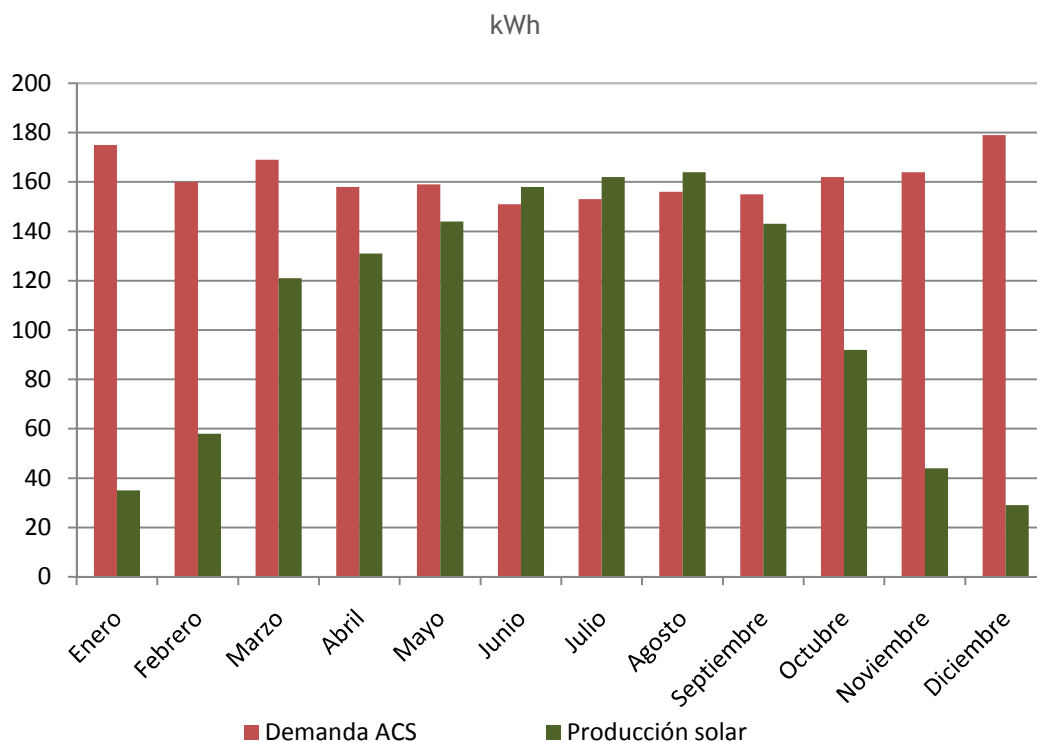


Figura 28: Evolución de la demanda térmica en ACS y aportación solar para cubrir el 65% de la demanda en una vivienda plurifamiliar reformada

Fuente: Elaboración propia

b) Servicios

Al no disponer de consumos específicos por cada centro se evalúa la cobertura del total del sector. El sistema que permite cubrir el 100% de la demanda térmica y de refrigeración solo se recomienda en los edificios de nueva construcción por los mismos motivos descritos anteriormente. Para edificios existentes se recomienda cubrir el 65% del ACS.

Los resultados obtenidos son:

Demanda	ACS [GWh]	Calefacción [GWh]	Refrigeración [GWh]	Total [GWh]
Nuevas servicios	2,20	13,39	3,26	18,85
Servicios existentes	8,80	55,00	19,20	83,00
Total	11,00	68,39	22,46	101,85

Tabla 36: Demanda térmica y en refrigeración en los servicios en situación de máxima eficiencia

Fuente: Elaboración propia

Sistema de generación	Solar térmica [m2]	Cobertura térmica [GWh]	% cobertura
Nuevas servicios	40.000	18,85	100,00%
Servicios existentes	8.500	5,72	6,89%
Total	48.500	24,57	24,12%

Tabla 37: Cobertura de la demanda térmica y características de la instalación solar térmica para el sector servicios

Fuente: Elaboración propia

Sistema de soporte	E. eléctrica [GWh]	Solar FV [m2]	Solar FV [kW]
Nuevas servicios	0,77	3.300	800
Servicios existentes	0,00	0	0
Total	0,77	3.300	800

Tabla 38: Características del sistema fotovoltaico para el consumo de la bomba para el sector servicios

Fuente: Elaboración propia

c) Equipamientos

Al no disponer de consumos específicos por cada centro se evalúa la cobertura del total del sector. El sistema que permite cubrir el 100% de la demanda térmica y de refrigeración solo se recomienda en los equipamientos de nueva construcción por los mismos motivos descritos anteriormente. Para los equipamientos existentes se recomienda cubrir el 65% del ACS.

Los resultados obtenidos son:

Demanda	ACS [GWh]	Calefacción [GWh]	Refrigeración [GWh]	Total [GWh]
Nuevas equipamientos	1,33	2,12	0,48	3,93
Equipamientos existentes	7,50	12,26	4,04	23,79
Total	8,83	14,37	4,52	27,72

Tabla 39: Demanda térmica y en refrigeración en los equipamientos en situación de máxima eficiencia

Fuente: Elaboración propia

Sistema de generación	Solar térmica [m2]	Cobertura térmica [GWh]	% cobertura
Nuevas equipamientos	8.000	3,93	100,00%
Equipamientos existentes	7.000	4,87	20,48%
Total	15.000	8,80	31,76%

Tabla 40: Cobertura de la demanda térmica y características de la instalación solar térmica para los equipamientos

Fuente: Elaboración propia

Sistema de soporte	E. eléctrica [GWh]	Solar FV [m2]	Solar FV [kW]
Nuevas equipamientos	0,14	600	150
Equipamientos existentes	0,00	0	0
Total	0,14	600	150

Tabla 41: Características del sistema fotovoltaico para el consumo de la bomba para los equipamientos

Fuente: Elaboración propia

d) Resumen de la cobertura térmica y refrigeración

Con el sistema propuesto se puede satisfacer una gran parte de la demanda térmica y de refrigeración de los edificios a partir de la energía solar. La parte que no es posible cubrir corresponde a edificios existentes, ya que la implantación del sistema descrito es complicada.



	Demanda total [GWh/año]	Solar térmica [m2]	Solar FV [kW]	Energía cubierta [GWh/año]	% cobertura
Residencial	471,88	280.344	1.968	177,38	37,59%
Servicios	101,85	48.500	800	24,57	24,12%
Equipamientos	27,72	15.000	150	8,80	31,76%
Total	601,44	343.844	2.918	210,75	35,04%

Tabla 42: Demanda, cobertura y características de las instalaciones para los distintos sectores
Fuente: Elaboración propia

Se podría plantear cubrir esta parte de demanda con otras tecnologías. La energía geotérmica tiene los mismos problemas de infraestructuras. La solución más factible podría ser el uso de biogás, pero como se analizará posteriormente en este documento, el potencial de generación de este biocombustible es muy limitado.

Para la refrigeración lo más recomendable es el uso de electricidad, a ser posible proveniente de una instalación fotovoltaica en el tejado.

3.3.2 Energía solar fotovoltaica

La energía fotovoltaica ofrece uno de los mayores potenciales de producción de energía eléctrica dentro de la ciudad. Sin embargo en la actualidad es una tecnología cara y con eficiencias muy bajas, por lo que todavía no es rentable. No obstante es presumible que bajen los precios y se produzcan mejoras en la eficiencia en los próximos años.

Por otro lado se están investigando nuevas formas de aprovechar el efecto fotovoltaico en todos los rincones de la ciudad; las ventanas solares o pinturas solares son ejemplos de los nuevos desarrollos.

3.3.2.1 Plan Mugarri

Según el Plan Mugarri actualmente la potencia instalada en Álava es de 4,7 MW, de los cuales 2,2 MW corresponden a instalaciones sobre tejado y 2,5 MW a huertos solares. Este prevé para el 2020 un aumento de la potencia total instalada hasta 15 MW, con la creación de nuevos parques solares, la ampliación de los existentes y el incremento de las instalaciones en techos, cubiertas de pabellones e instalaciones industriales.

El siguiente mapa zonifica la producción de instalaciones fotovoltaicas en el territorio de Álava actualmente:

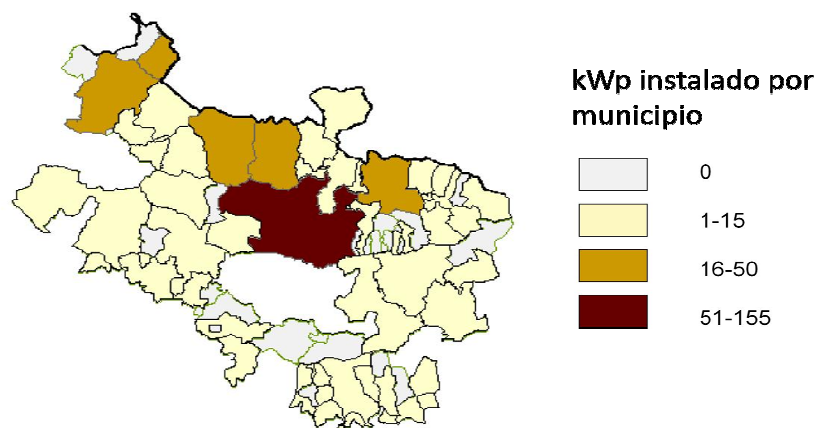


Figura 29: Mapa de la potencia instalada por municipio de fotovoltaica en Álava
Fuente: EVE

3.3.2.2 Aumento de las instalaciones fotovoltaicas sobre tejado

En un escenario neutro la potencia instalada debe ser mucho mayor. Además, la implantación de la energía solar fotovoltaica dentro de la ciudad es la más viable, con menor impacto visual y menor ocupación de territorio, ya que se acostumbra a instalar en las cubiertas de los edificios.

El factor limitante será entonces la superficie de tejado disponible. Usando el Geomedia se estima que la superficie total de cubierta en el municipio de Vitoria-Gasteiz es 25.500.000 m². Obviamente no todas las cubiertas son aptas para instalaciones solares. Por orientaciones inadecuadas, sombras u otros problemas técnicos, solo se considera la utilización del 10% de la superficie. Además hay que contabilizar que para la cobertura de la demanda térmica también se requiere una gran superficie de tejados. Con estas consideraciones se proponen 3 escenarios:

Fotovoltaica en tejados	Superficie ocupada [m2]	% ocupación	Potencia instalada [MW]	Energía producida [GWh/año]
Escenario 1	100.000	0,4 %	15	14,31
Escenario 2	500.000	2 %	75	71,52
Escenario 3	1.000.000	4 %	150	143,03

Tabla 43: Superficie, potencia y energía producida con energía fotovoltaica sobre tejado para distintos escenarios
Fuente: Elaboración propia

Se considera que a nivel económico y técnico, el escenario más viable para el 2050 es el escenario 2. Lo que supondría una potencia instalada de 75 MW, produciendo 71,52 GWh/año.



En un futuro se prevé que la eficiencia de los paneles solares aumentará considerablemente, por tanto se podría instalar mayor potencia en menor superficie y con costes inferiores.

3.3.2.3 Nuevas tecnologías

Es muy importante el desarrollo e implantación de nuevas tecnologías. El campo de la energía solar fotovoltaica está en pleno desarrollo. A continuación se resumen algunas de estas tecnologías cuya integración dentro de la ciudad es más viable:

- **Pinturas solares:** Las casas, los coches o la ropa podrían producir su propia electricidad gracias a su pintura, elaborada con nano-materiales que aprovechan la energía del sol. Ahora parece ciencia ficción, pero varios expertos en nanotecnología de todo el mundo investigan para que sea realidad en un futuro cercano. Cualquier superficie podría ser así utilizada para generar electricidad mientras brilla el sol, lo que supondría un espectacular empuje a este tipo de energía renovable.
- **Impresoras solares:** Los denominados materiales con "células solares imprimibles" son otra interesante vía en la que trabajan varios equipos de investigación. Una de las vías de investigación se centra en un material plástico basado en una combinación de "nanotubos de carbono" cuya estructura molecular es similar a una serpiente enrollada. Al ser excitado por los rayos solares, el material desprende sus electrones y genera una corriente eléctrica. Por otro lado un grupo de científicos de Massachussets (EUA) afirman haber desarrollado una impresora muy similar a las convencionales que imprime en una hoja de plástico flexible una tinta compuesta de estas células solares. De esta forma, los consumidores podrían imprimir hojas con estas células solares mediante baratas impresoras de tinta y ubicarlas en cualquier lugar de su hogar para montar así su propia estación eléctrica. Según sus responsables, el proceso permite lograr paneles solares casi tan eficientes como los convencionales de silicio, pero mucho más baratos.
- **Ventanas solares:** El MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts) investiga un nuevo sistema de captación, conocido como captadores solares luminiscentes. Se trata de unas pinturas o tintes luminiscentes que, al depositarlos sobre una superficie de cristal, actúan a modo de guía de ondas, capturando la luz solar y redirigiéndola, lo que permite concentrarla en los extremos del propio cristal. En este extremo se ubica una placa solar fotovoltaica, de esta forma una superficie pequeña de panel recibirá toda la energía incidente en el cristal (captador).

Se deben usar materiales transparentes para captar el máximo de luz posible. Para evitar que esta luz escape, se desarrolla un sistema de antenas moleculares inteligentes que hacen que la transferencia de luz, solo se produzca en una dirección paralela a la superficie del cristal. Así es posible aumentar la eficiencia de captura de la radiación hasta un 81%, la más alta hasta la fecha.

Con esta tecnología es posible reducir los costes del panel, ya que se necesita una superficie mucho menor. Además este método, es capaz de captar la radiación difusa, lo que posibilita su uso en condiciones climatológicas adversas y el aprovechamiento de todas las ventanas de la ciudad.

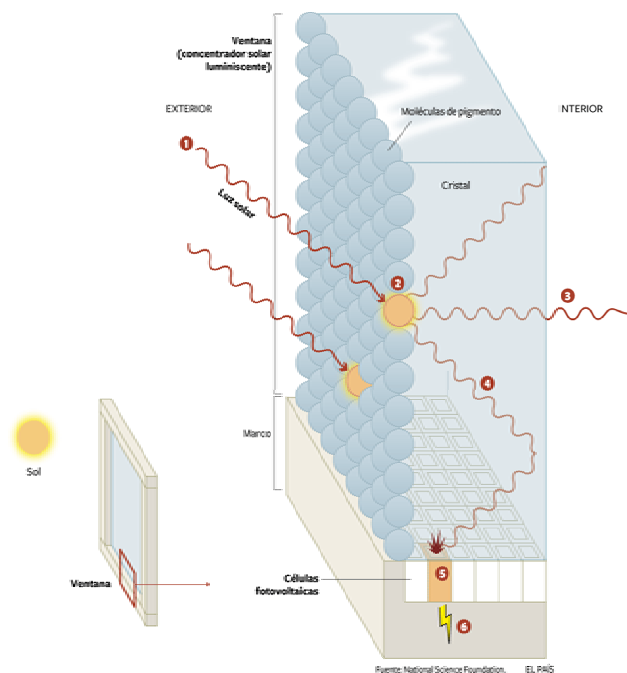


Figura 30: Esquema del principio básico de una ventana solar
Fuente: National Science Foundation

En definitiva, las posibilidades son muy diversas y algunos investigadores ven un futuro cercano en el que no sólo las casas se recubrirían con estas pinturas solares. Los expertos ven factible en unos años, vestidos cuyo tinte podría recargar dispositivos electrónicos portátiles, coches eléctricos impulsados con la pintura de su chasis o tiendas de campaña para autoabastecer de electricidad a sus ocupantes.

No obstante, aún se trata de una tecnología incipiente que necesita un mayor grado de desarrollo para poder superar en precio y eficiencia a los actuales paneles fotovoltaicos. Asimismo, es importante diseñar un sistema para almacenar la gran cantidad de energía que se podría conseguir.

De todas las tecnologías descritas anteriormente, las **ventanas solares** son las que están más desarrolladas y probablemente tengan una implantación a corto plazo. A partir de la estimación la superficie total de ventanas en el municipio, se plantean tres escenarios:

Escenario 1: Instalación de ventanas solares en las ventanas en que el sol irradie directamente la mayor parte del día. Se estima que esto equivale a 1 m² por vivienda.

Escenario 2: Instalar ventanas en todas las fachadas que tengan orientación al sur, que corresponde a la mitad de los edificios. Esto significa unos 3,5 m² por vivienda.

Escenario 3: Instalar ventanas solares prácticamente todas las ventanas del municipio. Se estima que es posible llegar a 7 m² de ventana por vivienda.

Para el cálculo de la producción energética de cada escenario se tienen en cuenta la radiación solar de cada orientación en Vitoria-Gasteiz.

Orientación	Radiación [kWh/año·m ²]
Norte	345,2
Sur	910,9
Este	727,4
Oeste	727,4

Tabla 44: Radiación solar incidente en una fachada vertical para distintas orientaciones
Fuente: Solarmet

Se considera que el colector luminiscente será capaz de captar y distribuir hacia los marco un 70% de la energía recibida (el 81% que asegura lograr el MIT es en condiciones de laboratorio, con lo que en los modelos comerciales es porcentaje será menor). En los marcos se considera que habrá paneles fotovoltaicos de alto rendimiento, que serán capaces de convertir en electricidad un 25% de la energía recibida. También se consideran unas pérdidas del 5% en la red.

Se estima que por cada m² de ventana, se requiere una potencia de panel de 0,1 kW.

Con estas consideraciones se calcula la producción eléctrica de los escenarios:

	Superficie/ vivienda [m ²]	Superficie total [m ²]	Energía captada [GWh/año]	Potencia instalada [MW]	Energía producida [GWh/año]
Escenario 1	1	135.435	86,36	13,54	20,51
Escenario 2	3,50	474.022	302,25	47,40	71,78
Escenario 3	7,00	948.045	449,76	94,80	106,82

Tabla 45: Superficie, potencia y energía producida con ventanas solares para cada escenario
Fuente: Elaboración propia

Desde el punto de vista económico y técnico, el escenario más viable para el 2050 es el escenario 2. Lo que supondría una superficie aproximada de ventanas de 475.000 m², produciendo 71,78 GWh/año.

3.3.2.4 Parques solares

En un parque solar cada uno de los paneles tiene una potencia muy superior al de las instalaciones sobre tejado. Para aumentar la captación por panel hasta un 30% es rentable disponer de un sistema de seguimiento solar aunque suponga sobrecoste.

Para los huertos solares se propone instalar la potencia descrita en el plan Mugarri. Con la ampliación de los huertos existentes y la creación de nuevos, se logra una potencia instalada de 10 MW, que producirían aproximadamente 13,68 GWh/año. Considerando unas pérdidas del 5% en la red y que solo el 75% de la energía se asignaría a Vitoria-Gasteiz, se disponen de 9,75 GWh/año.



Figura 31: Vista de un panel solar de un huerto en Álava
Fuente: El Correo

3.3.2.5 Energía total producida

La energía solar fotovoltaica puede ser una tecnología con una gran aportación en el mix eléctrico. Se podrían generar un total de 149,61 GWh/año.

Tecnología	Potencia [MW]	Energía [GWh/año]
Instalaciones sobre tejado	75	71,52
Ventanas solares	47	71,78
Parques solares	10	9,75
Total	132	153,05

Tabla 46: Potencia instalada y producción energética con energía solar fotovoltaica
Fuente: Elaboración propia

La mayor parte de la energía solar se puede producir dentro del mismo municipio, lo que supone un menor impacto en el medio.

3.3.3 Energía eólica

El aprovechamiento de los recursos eólicos es básico para una ciudad autosuficiente energéticamente. El problema es el tamaño que tienen los generadores eólicos, que pueden llegar a medir más de 100 m, por eso su implantación dentro de la ciudad no es posible. Estos generadores se ubicaran en parques eólicos fuera de Vitoria, subministrando una parte de la energía a la ciudad.

Por otro lado se están desarrollando generadores de menor tamaño que pueden ubicarse dentro de la ciudad, en tejados o en zonas poco urbanizadas. Esta es una tecnología en desarrollo con precios de mercado elevados si se los compara con los generadores de gran tamaño.

3.3.3.1 Parques eólicos

La energía eólica actualmente tiene una contribución muy importante en el sector de las renovables. Esto es debido a la existencia de dos grandes parques eólicos, el de Baldaia (50 MW) y el de Elgea-Urkilla (59 MW) que generan anualmente 305,52 GWh, dependiendo de las condiciones de viento.



Figura 32: Vista del parque eólico de Elgea-Urkilla

Fuente: Euskonews

Actualmente esta es la tecnología más rentable, con un precio de entre 0,7-0,9 €/W instalado. Sin embargo su gran impacto visual y sobre el terreno hace que no sea fácil su integración.

Según el plan Mugarri la potencia instalada a corto plazo (2020) puede aumentar hasta 300 MW. Esto se logra mediante la instalación de nuevos mini parques y la repotenciación y ampliación de los parques existentes. Se considera que la producción energética será proporcional a la potencia instalada con las siguientes reducciones:

- Se prevé el aprovechamiento de emplazamientos con bajas velocidades. Esta reducción se estima que será de un 20%.
- Reducción del 5% por el transporte de la electricidad.
- Solo un 75% corresponde al municipio de Vitoria-Gasteiz.

Así pues la producción eléctrica será de **497,57 GWh/año**.

El siguiente mapa muestra la ubicación de los parques existentes así como la previsión de la ubicación de los futuros parques:

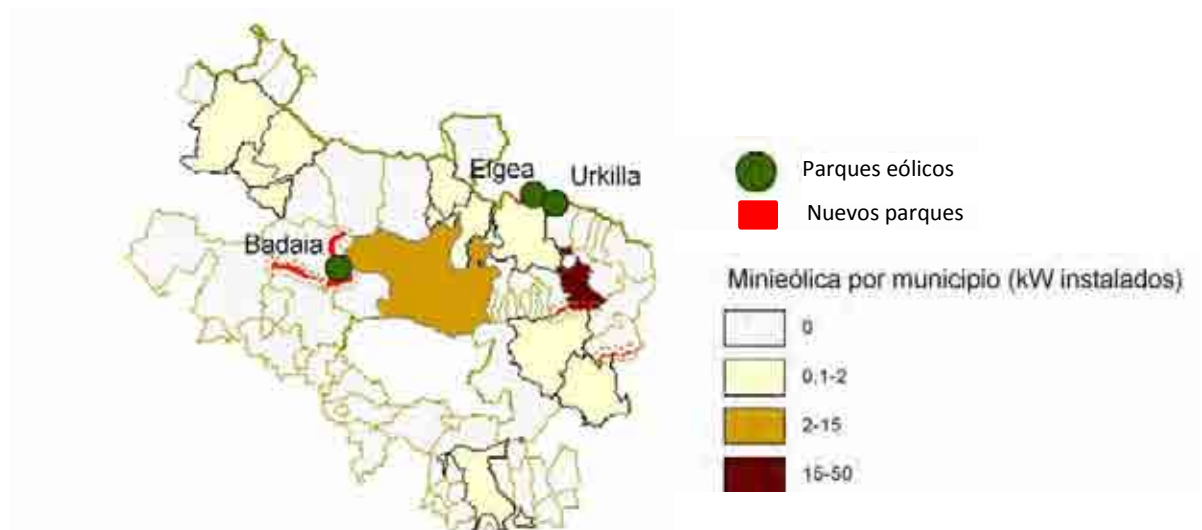


Figura 33: Mapa de los parques eólicos existentes y futuros y de la potencia instalada por municipio de energía minieólica por municipio en Álava
Fuente: EVE

3.3.3.2 Generadores mini eólicos

También es posible la integración de pequeños mini generadores, con una potencia inferior a los 100 kW, dentro del municipio. Esta tecnología es ideal para áreas industrializadas o en la periferia, pero también es posible su integración en tejados o en parques urbanos mediante modelos más pequeños.



Figura 34: Ejemplos de generador mini eólico de eje vertical (izquierda) y de eje horizontal (derecha) integrados en tejados. Fuente: Eneris

El principal problema es que actualmente es una tecnología muy cara, con un precio de 6-7 €/W instalado. El potencial descrito en el plan Mugarri, establece una potencia instalada de 4 MW para el 2020. Se propone doblar esta potencia para alcanzar los 8 MW.

Para determinar la producción energética se han analizado varios modelos con las condiciones de viento generales de Vitoria-Gasteiz (Fuente: Mundomanz), obteniendo en el

mejor de los casos 2,25 kWh/Wp. Para tener un cálculo más exacto se debería calcular la producción con las condiciones de viento exactas en donde se ubicaría la instalación.

Considerando unas pérdidas por transporte del 5%, se obtiene una producción eléctrica de 17,10 GWh/año.

3.3.3.3 Energía total producida

Se calcula que la potencia instalada en energía eólica puede aumentar de forma sostenible hasta llegar a los 304 MW. La energía generada se estima en 514,67 GWh/año.



Tecnología	Potencia [MW]	Energía [GWh/año]
Parques eólicos	300	497,57
Generadores mini eólicos	8	17,10
Total	308	514,67

Tabla 47: Potencia instalada y producción energética con energía eólica
Fuente: Elaboración propia

3.3.4 Biomasa

Según el Diccionario de la Real Academia Española, la biomasa se define como:

“Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía”

El tipo de biomasa puede ser muy variable y su aprovechamiento energético estará condicionado por el que se disponga.

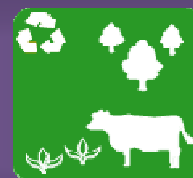
Uno de los principales problemas del aprovechamiento de la biomasa para producir energía es que entra en competencia directa con el suministro de alimentos. Esto es un punto muy crítico, sobretudo en países en vía de desarrollo, donde en muchos casos es más rentable el cultivo energético que el alimenticio. Por este motivo, en este documento únicamente se plantea el aprovechamiento los residuos de la biomasa. En este ámbito se analizan los potenciales de los siguientes residuos:

- Residuos agrícolas
- Residuos forestales
- Residuos ganaderos
- Madera industrial

Hay muchos métodos para aprovechar la biomasa (combustión, fermentación, pirolisis, gasificación, metanización...). En este documento se plantean dos vías:

- Su tratamiento en plantas termoeléctricas para generar electricidad y a ser posible aprovechar el calor residual (planta cogeneración)
- Su transformación a biocombustibles (biodiesel, bioetanol o biogás)

Cada tipología de biomasa tendrá un tratamiento específico para optimizar su producción energética. Por otro lado también se tiene en consideración la demanda energética del municipio, así pues una parte de la biomasa debe ir destinada a la producción de biocombustibles para los vehículos.



3.3.4.1 Residuos agrícolas

Según el plan Mugarri, en Álava hay un potencial de 180.000 t/año de residuos agrícolas, que corresponde básicamente a la paja de cereal. Actualmente una parte de este es enviado fuera de Álava a una planta de combustión de biomasa para la generación de electricidad.



Figura 35: Álava reutiliza menos de la mitad de la paja que produce
Fuente: El Correo

Existe un proyecto aprobado de una planta termoeléctrica para tratar 110.000 t de este residuo, con una potencia eléctrica de 18 MW y térmica de 60 MW. La planta funcionaría 8.000 h anuales, con lo que la producción eléctrica sería de 136,80 GWh. Por la parte que les corresponde a Vitoria-Gasteiz (75%) y considerando unas pérdidas del 5% en la red, la energía es de **102,60 GWh/año**.

Con esta central también disponemos de una gran cantidad de agua entre 30-40°C. Esta agua puede ser usada en procesos de precalentamiento en el sector industrial, sin embargo en este documento no se plantea su utilización por desconocimiento de las industrias próximas a la planta.

Para las 70.000 t restantes se propone su fermentación para producir bioetanol. Aproximadamente, por cada tonelada de cereal se obtienen 400 litros de bioetanol, con lo que la producción total podría llegar a 28.000.000 litros de bioetanol (PCI=21,28 MJ/l). Considerando que sólo un 75% pertenece a Vitoria, la energía equivalente es de **124,13 GWh/año**.

3.3.4.2 Residuos forestales

Los residuos forestales deben tener una utilización de carácter local, por lo tanto, aunque Álava dispone de una gran superficie de bosque, solo se considera el potencial dentro del municipio de Vitoria-Gasteiz. Este se estima en 7.640 t/año de biomasa residual (considerando que un 20% vuelve a la tierra), esto supone un potencial térmico de 23,10 GWh/año.

Se propone el tratamiento de estos residuos forestales en una planta de cogeneración (eficiencia eléctrica del 35% y eficiencia térmica del 50%). La energía anual producida es de **7,68 GWh** eléctricos (pérdidas del 5% en la distribución) y **11,55 GWh** térmicos.



Figura 36: astilladora móvil tratando residuos forestales
Fuente: Ecosistemas

3.3.4.3 Residuos ganaderos

En el plan Mugarri los residuos ganaderos son usados para la generación de biogás mediante una digestión anaeróbica. Este biogás es una mezcla de metano y CO₂, con un poder calorífico bajo. Se recomienda su aprovechamiento en máquinas térmicas para la generación de electricidad.

Actualmente existe un proyecto aprobado para la construcción de una planta de cogeneración para el aprovechamiento de los purines con una potencia eléctrica de 3 MW y térmica de 16 MW. Se estiman unas 4.300 horas de funcionamiento anuales, lo que significa una producción energética anual de 12,90 GWh eléctricos, de los cuales **9,19 GWh** corresponden a Vitoria. La energía térmica se usa en el propio proceso para el secado de los residuos, con el fin de aumentar la eficiencia eléctrica.



Figura 37: planta de tratamiento de purines y cogeneración eléctrica de Turégano (Segovia)
Fuente: Norte Castilla

3.3.4.4 Madera Industrial

Según el Plan Mugarri en Álava hay un potencial de 6.000 t de residuos de madera, lo que supone un potencial energético de 29,08 GWh/año. Se propone el uso de ese potencial en la misma planta de cogeneración de los residuos forestales (eficiencia eléctrica del 35% y eficiencia térmica del 50%).

Se aplican los rendimientos descritos y se considera que solo un 75% corresponde a Vitoria. Con el potencial descrito se podrían generar cada año aproximadamente **7,25 GWh** eléctricos y **10,91 GWh** térmicos.



Figura 38: imagen de la planta de cogeneración de calor y electricidad por biomasa en Vaxjo (Suècia)
Fuente: CTT (Centro de Transferencia Tecnológica de la Madera)

3.3.4.5 Producción total de energía

A partir del aprovechamiento de estos residuos, la biomasa puede tener una contribución muy importante en el suministro energético que se estima en 273,31 GWh/año. Además es la forma más rentable de producir combustibles a partir de recursos renovables.

	Energía eléctrica [GWh/año]	Energía térmica [GWh/año]	Combustibles [GWh/año]	Total [GWh/año]
Residuos agrícolas	102,60	-	124,13	226,73
Residuos forestales	7,68	11,55	-	19,23
Residuos ganaderos	9,19	-	-	9,19
Madera industrial	7,25	10,91	-	18,16
Total	126,72	22,46	124,13	273,31

Tabla 48: Producción energética a partir de residuos de biomasa
Fuente: Elaboración propia

3.3.5 Residuos sólidos urbanos

En el siguiente esquema se muestran las operaciones de valorización energética en la gestión de los residuos urbanos.

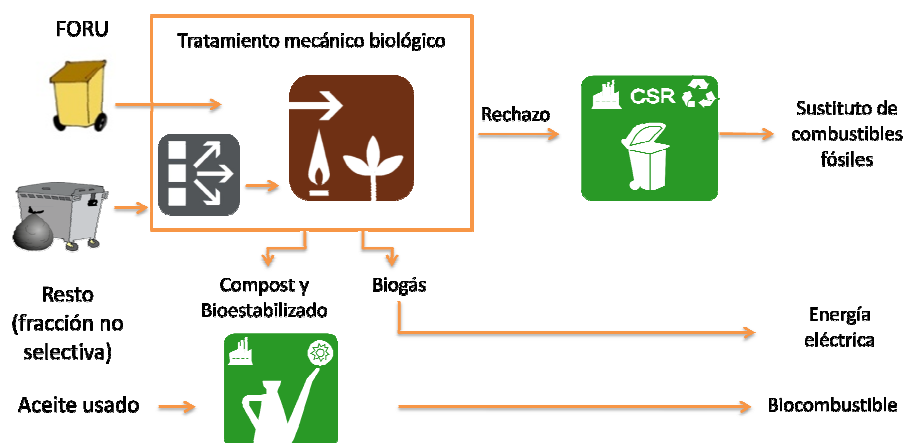


Figura 39: Valorización energética de los residuos.
Fuente: Elaboración propia

3.3.5.1 Producción de biogás

Se propone la valorización energética de la fracción orgánica a través de su metanización obteniendo biogás que puede transformarse en energía eléctrica a través de un motor (tal y como se ha supuesto en el cálculo) o tener otros usos (como combustible, sustituto del gas natural...).



Respecto a la fracción MOR (Materia Orgánica Residual) también se contempla la posibilidad de tratarla a través de un proceso de metanización aunque, en caso de presentar problemas, podría realizarse una estabilización sin pasar por el digestor (especialmente si la parte de material biodegradable fuera tan baja que no hubiera generación de biogás).

3.3.5.2 Fabricación de CSR

Se propone la valorización energética para los residuos secundarios a través de la fabricación de combustibles sólidos recuperados (CSR). El CSR es un combustible derivado de residuos con un alto poder calorífico que puede ser utilizado en instalaciones industriales preparadas y autorizadas para su uso como combustible sustitutivo del combustible fósil principal. En este caso se ha considerado el uso de CSR en una planta cementera como alternativa al coque de petróleo.



3.3.5.3 Producción de Biodiesel

Se propone incrementar la recogida de aceites vegetales como recurso para la producción de biodiesel. La recogida de aceites se incrementaría tanto en el ámbito de la ciudadanía, a través de los puntos limpios o comercios colaboradores, como en los grandes generadores (HORECA) con el sistema de recogida puerta a puerta.



El aceite vegetal se trataría, como en la actualidad, en la planta de BIONOR para obtener biodiesel.

3.3.5.4 Producción a partir de RSU

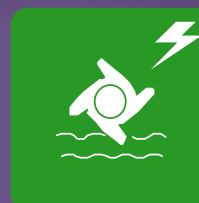
La valorización energética de los residuos persigue transformar un residuo en un recurso minimizando las cantidades que irán a destino final. Para el escenario 2050 se propone la metanización de los residuos orgánicos (especialmente en el caso de la fracción orgánica recogida selectivamente), la transformación del rechazo de la planta de tratamiento mecánico-biológico en combustible sólido recuperado y la producción de biodiesel a partir de aceites usados.

Tipo de energía (GWh)	2050
Electricidad (Planta Biocompost)	7,66
Térmica (Combustión del CSR)	72,02
Combustible (Producción de biodiesel)	8,72
Total	88,40

Tabla 49: Producción energética a partir de residuos sólidos urbanos
Fuente: Elaboración propia

3.3.6 Hidroeléctrica

Es importante resaltar el importante papel que desempeñan las centrales hidráulicas en la adaptación de la oferta y la demanda, ya que constituyen una tecnología de generación de respuesta muy rápida y flexible, prácticamente la única de todas las tecnologías descritas que cumple estos requisitos. En el caso de las centrales reversibles, permiten además la acumulación de energía, lo cual es muy importante de cara a integrar energías renovables de tipo intermitente (fundamentalmente eólica y solar).



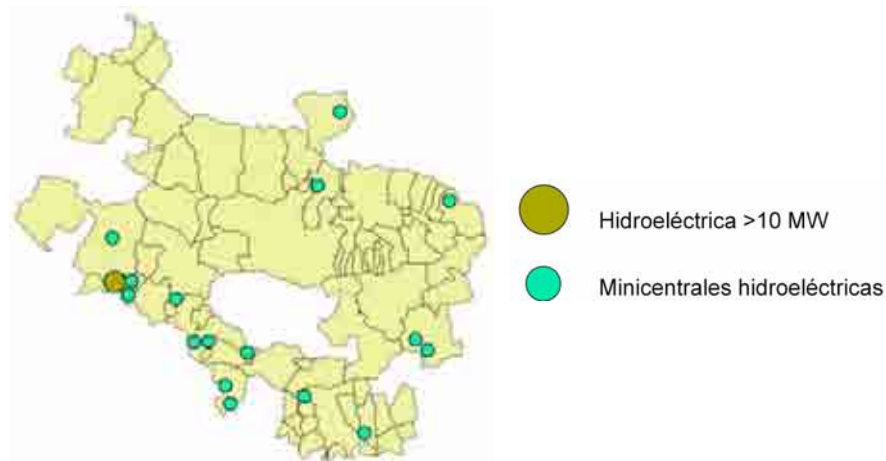


Figura 40: Mapa de las centrales hidroeléctricas en la provincia de Álava
Fuente: EVE

Según el Plan Mugarri actualmente hay una potencia instalada de 62 MW a partir centrales mini hidráulicas. Además Álava dispone de dos centrales hidroeléctricas, la de Sobrón y la de Barazar, con una potencia total de 113 MW. No se plantea el aumento de la potencia instalada, por considerarla una tecnología madura cuyo potencial y restricciones (principalmente medioambientales) ya están bien establecidas.

Considerando unas pérdidas de 5% por transporte y una reducción del 25% por la parte que le corresponde al territorio alavés, obtenemos una producción eléctrica de **407,04 GWh/año**.

Por otro lado, ninguna de las centrales hidroeléctricas de Álava es reversible. Para una buena gestión de la energía producida es básico disponer de sistemas de almacenamiento. Las centrales hidroeléctricas reversibles son, hoy por hoy, el método más rentable para ese fin. Se debería plantear la construcción de una central de bombeo.

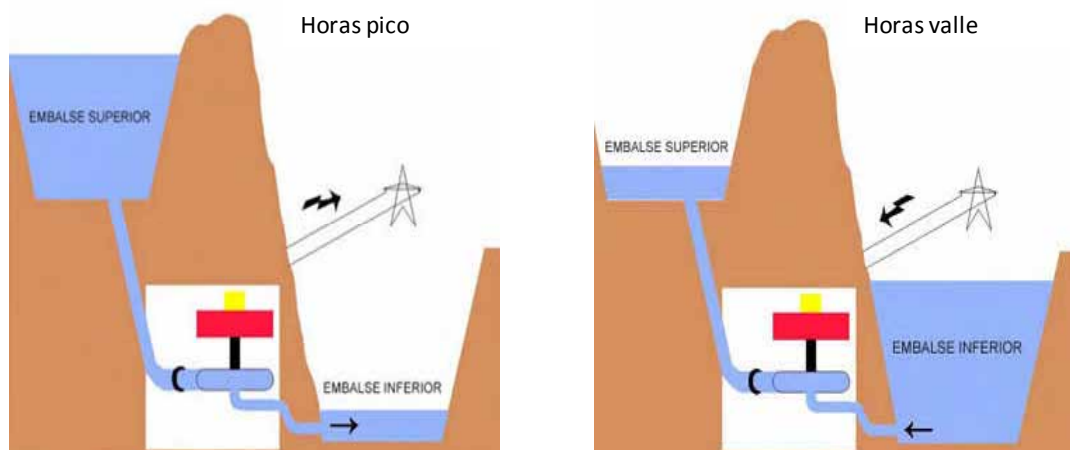


Figura 41: Esquema de una central hidroeléctrica reversible
Fuente: Ecovive

Para la construcción de una central de bombeo se requiere un embalse de base y la posibilidad de construir un reservorio a una altura importante, pues a mayor altura más energía podrá ser almacenada. Esto hace que no todos los emplazamientos sean óptimos para ese tipo de centrales y que se requieran unas condiciones morfológicas del terreno con

grandes desniveles. La altura y dimensiones del reservorio definirán la capacidad de almacenaje de la central. Para reducir su impacto en el medio es preferible realizarla en un embalse existente, aunque se puede plantear la construcción de un nuevo embalse.

3.3.7 Geotérmica

En Vitoria-Gasteiz hay potencial de energía geotérmica para usos de baja temperatura como ACS o climatización. En la región de Álava se obtiene una potencia media 50W/m y la profundidad óptima de perforación es de unos 100m.

De esta manera, el subsuelo es capaz de proporcionar 6 KW de energía en una sola perforación de 120 m. Posteriormente, una bomba de calor aporta 2 KW más de energía y así se obtienen los 8KW necesarios para calentar una vivienda unifamiliar.

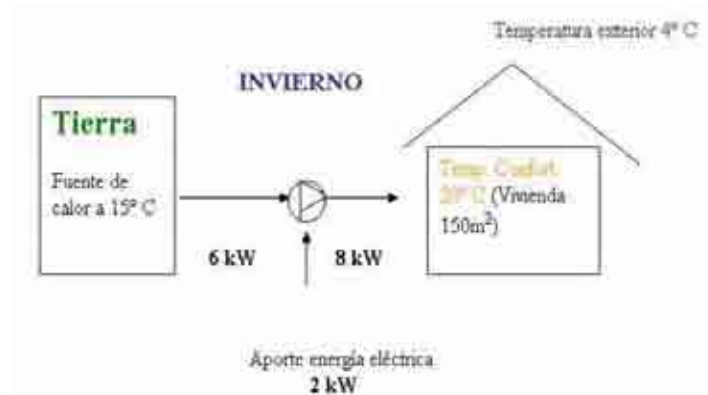


Figura 42: Esquema de generación de energía térmica a partir de geotermia para una vivienda
Fuente: EVE

Esta tecnología está en plena expansión desde que el año pasado el IDAE la aceptara como energía renovable. Actualmente hay muchos proyectos en ejecución y es una buena apuesta para casas unifamiliares.

En este proyecto la mayor parte de la demanda térmica se cubre con energía solar. La energía geotérmica se debería implantar en aquellas viviendas o edificios de nueva construcción en que no sea posible la implantación del sistema propuesto en el apartado 6.3.1.

También se debe evaluar la posibilidad de implantar esta tecnología en edificios ya existentes, analizando la viabilidad económica y técnica del proyecto.

3.3.8 Producción total

Teniendo en cuenta todas las consideraciones anteriores, la producción total que se puede obtener a partir de energías renovables para Vitoria-Gasteiz es de **1.741,94**

	Fuente	Electricidad [GWh/año]	Térmica [GWh/año]	Combustible [GWh/año]	Energía total [GWh/año]
EÓLICA	Minieólica	17,10			17,10
	Eólica convencional	497,57			497,57
	TOTAL EOLICA	514,67			514,67
SOLAR	Térmica		210,75		210,75
	Fotovoltaica	153,05			153,05
	Residuo Agrícolas	102,60		124,13	226,73
	Residuos forestales	7,68	11,55		19,23
BIOMASA	Ganadería	9,19			9,19
	Madera Industrial	7,25	10,91		18,16
	TOTAL BIOMASA	126,72	22,46	124,13	273,31
RSU		7,12	66,76	8,10	81,98
HIDRÁULICA		429,65			429,65
TOTAL		1.231,22	299,97	132,23	1.663,42

Tabla 50: Potencial de producción de energía renovable para Vitoria
Fuente: Adaptación para Vitoria-Gasteiz de Plan Mugarri

Los siguientes gráficos muestran la producción energética por tecnología y sector:

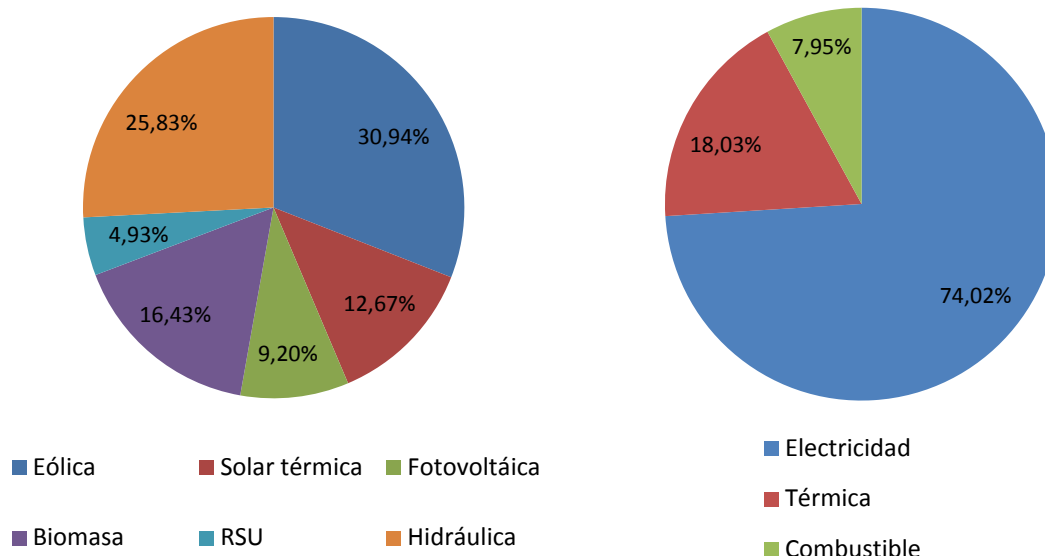


Figura 43: Distribución de la producción de energía renovable por tecnologías y fuentes
Fuente: Adaptación para Vitoria-Gasteiz de Plan Mugarri

4 Balance Energético

Generando el máximo potencial en energías renovables y reduciendo el consumo de cada sector al máximo se llega a un balance en que la energía producida supera a la consumida:

Fuentes	Consumo energético [GWh/año]	Energía producida con renovables [GWh/año]	Balance [GWh/año]
Electricidad	795,41	1231,22	435,80
E. Térmica	574,84	299,97	-274,88
Combustible	97,11	132,23	35,13
Total	1.467,36	1.663,42	196,05

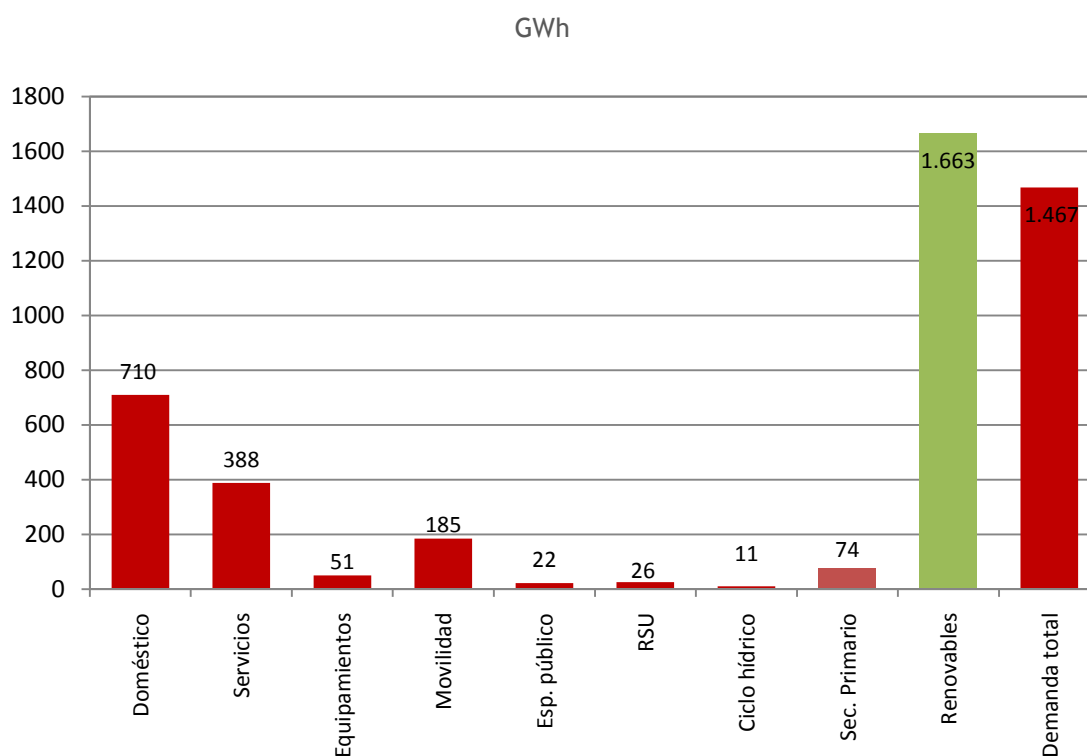
Tabla 51: Consumo y producción energética por fuentes en el escenario neutro en carbono

Fuente: Elaboración propia

El excedente de biocombustible (35,13 GWh), se puede usar para satisfacer la demanda térmica en viviendas existentes.

Una gran parte de la energía térmica (89,22 GWh/año), proveniente de centrales de combustión o cogeneración, irá destinada a la industria.

El siguiente diagrama muestra la distribución de la demanda por sectores, la capacidad máxima de producción con renovables y la distribución de la producción en los diferentes sectores:



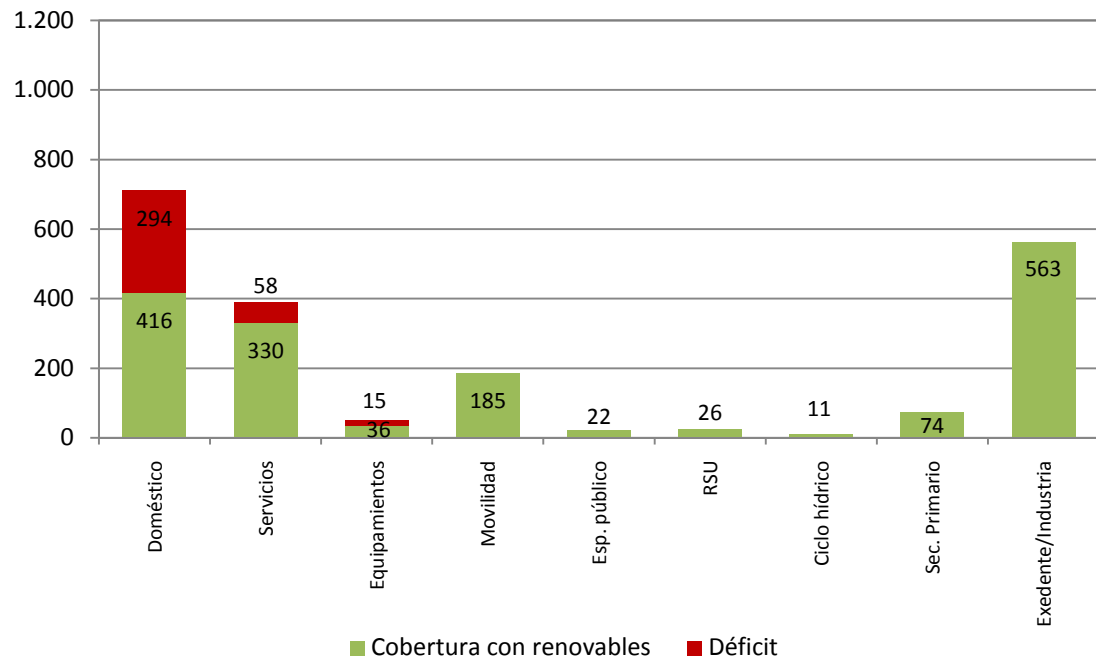


Figura 44: Demanda por sectores y cobertura con renovables
Fuente: Elaboración propia

El siguiente gráfico muestra la fuente de energía renovable dedicada a cubrir cada sector de la demanda:

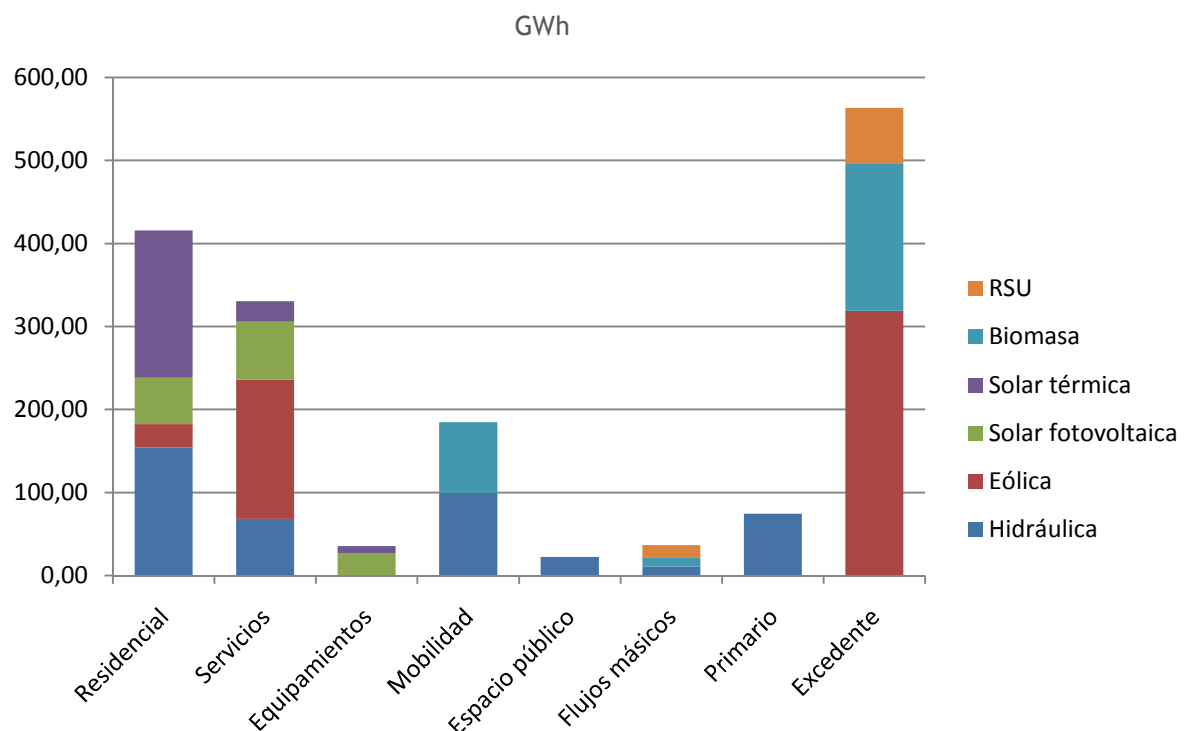


Figura 45: Demanda por sectores y cobertura por cada tecnología de renovables
Fuente: Elaboración propia

El principal problema del autoabastecimiento total es cubrir la demanda térmica en edificaciones existentes. Hay que tener en cuenta que las viviendas nuevas pueden diseñarse para autoabastecerse térmicamente con placas solares y acumuladores de energía, con energía geotérmica o con “district heatings” proveniente de centrales termoeléctricas. Construir estas infraestructuras en edificios existentes requiere una gran inversión económica y es de una complejidad técnica muy elevada.

Una posible solución es el uso de calderas de biomasa. Sin embargo en este plan la mayor parte de la biomasa se destina a la producción de bioetanol para el transporte y a las centrales termoeléctricas.

Se cree que este escenario puede ser viable el año 2050, si se trabaja al máximo en temas de eficiencia energética. Como se puede apreciar en el documento, no se propone aumentar de manera incontrolada la producción de renovables, sino trabajar al máximo para que la ciudad consuma lo mínimo.

5 Balance de emisiones

a) Emisiones debidas al consumo energético

En este escenario las emisiones únicamente son debidas a cubrir la demanda térmica en los edificios existentes que no puede ser cubierta con fuentes renovables. Se recomienda usar gas natural como combustible, ya que sus emisiones son menores que los otros combustibles fósiles.

La energía necesaria en estos edificios es de 367,41 GWh/año, que considerando un factor de emisión de 20,279 tCO_{2eq}/GWh, supone unas emisiones de 74.507,79 tCO_{2eq}.

b) Emisiones debidas a los RSU

La gestión de los residuos urbanos tiene emisiones directas e indirectas.

Las emisiones directas son aquellas derivadas de la degradación de la materia orgánica o de la combustión de los residuos. Mientras que las emisiones indirectas se refieren a las emisiones derivadas del uso de combustible y electricidad en la recogida y tratamiento de los residuos que, en un escenario de emisiones neutras serán nulas.

En el modelo de gestión de residuos propuesto no habría emisiones debidas a la degradación de la materia orgánica ya que no se depositaría material biodegradable sin tratar. No obstante sí que se producirían emisiones directas debidas a la combustión del CSR.⁶

Se estima⁷ que las emisiones derivadas de la combustión de CSR en cementeras se encontrarían alrededor de aproximadamente 18.700 tCO_{2eq} anuales pero que al sustituir al coque de petróleo como combustible se ahorran unas 10.200 tCO_{2eq} anuales respecto a las

⁶ La producción de CSR como combustible alternativo en cementeras tiene un interés ambiental cuando sustituye a un combustible más contaminante, en caso que en el 2050 se dispongan de tecnologías de tratamiento de Resto más interesantes o se encuentre una alternativa mejor al CSR como combustible más limpio se tendría que replantear esta parte del modelo de gestión de residuos.

⁷ Bajo los supuestos de una entrada de toneladas de rechazo provenientes de la planta de tratamiento mecánico-biológico de un 49% (PIGRMVG) y aplicando los procesos de fabricación de CSR y la caracterización del rechazo expuestos en el Estudio de Viabilidad de una planta de procesamiento de residuos urbanos para la obtención de un Combustible Sólido Recuperado.

emisiones directas actuales. Sin embargo, en este documento no se han considerado estas emisiones al producirse en el sector industrial.

c) Sumideros

Propuesta para aumentar la capacidad de fijación del territorio forestal:

El potencial como sumidero de la superficie forestal de Vitoria-Gasteiz es considerablemente elevado, siendo bosques naturales más del 29% de la superficie del municipio.

Los bosques tienen capacidad de absorción y acumulación de CO₂ eq. Es su función como acumuladores la más importante y relevante para conservarlos, pues su degradación y destrucción provocaría la liberación de la gran mayoría de CO₂ eq acumulado.



Una de las acciones es la conservación de esta masa boscosa, realizando las tareas de mantenimiento correspondientes para reducir el riesgo de incendios forestales. Los sistemas silvopastoriles, es decir, el pastoreo de ganado en territorio forestal, ayuda a reducir la biomasa combustible incorporándola en la cadena alimentaria.

Aunque la superficie de bosques en el municipio es considerable, se puede potenciar su capacidad aumentando la superficie forestal, en zonas intersticiales, es decir, entre campos de cultivo y entre infraestructuras viarias, de esta manera además de aumentar la capacidad como sumidero, se fomenta la conectividad entre ecosistemas.

Se han calculado dos escenarios futuros, en un primer escenario se propone aumentar la superficie forestal en 1.000 ha y en un segundo escenario aumentar esta superficie en 2.500 ha.

	Superficie bosque [ha]	[t CO ₂ eq fijado/año]	% Absorción de emisiones municipales ⁸
Actual	7.970	141.390	15,3
Escenario 1	8.970	161.462	17,4
Escenario 2	10.470	188.462	20,4

Tabla 52: Propuestas de ampliación del potencial como sumidero de los bosques municipales
Fuente: Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz

Se estima que aumentando la superficie forestal en 1.000 ha se fijarían un 17,4% de las emisiones totales del municipio y aumentando esta superficie en 2.500 ha respecto a la superficie actual se pasarían a fijar el 20,4% del total de emisiones municipales.

Para valorar las zonas donde ampliar la masa forestal y las especies vegetales a elegir para las repoblaciones, hay que considerar la acción desde una visión amplia, no solo valorando la capacidad de captura de CO₂ eq sino también el potencial que pueden tener estas zonas de repoblación como corredores ecológicos, aumentando la biodiversidad en el municipio y en el conjunto de la provincia alavesa, además de recuperar el paisaje y proteger el suelo frente a la erosión.

⁸ Porcentajes de reducción calculados a partir de la previsión en emisiones para el año 2020 (1.013.636 tCO₂eq)

Propuestas para aumentar la capacidad de fijación del verde urbano:

Para aumentar la capacidad de fijación del verde urbano, además de potenciar los beneficios asociados que aporta se propone aumentar la superficie de cubiertas y muros verdes en la ciudad.

Considerando unos 40.000 m² como superficie potencial para la instalación de cubiertas verdes en equipamientos, se conseguiría aumentar el potencial sumidero del verde urbano en unas 10 tCO₂eq/año.



Figura 46: Cubiertas verdes en equipamientos municipales
Fuente: Elaboración propia

Si se evaluara el potencial total de la ciudad para la instalación de cubiertas verdes se mejoraría la capacidad como sumidero del verde urbano además de mejorar el ecosistema urbano desde un punto de vista funcional y estético.

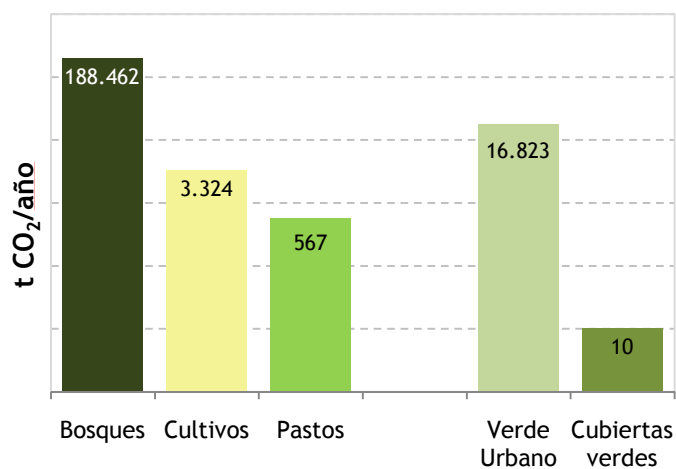


Figura 47: Potencial futuro de secuestro de CO₂ eq por usos del suelo
Fuente: Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, P.Smith et al (IPCC), G. Montero, et al. 2005, Factores IPCC. En la capacidad del verde urbano se ha considerado la superficie de anillo verde futuro

Con las acciones propuestas, aumento de la masa boscosa intersticial y con cubiertas verdes en los equipamientos públicos se pueden llegar a fijar anualmente un 30% más de CO₂.

	Actual [t CO ₂ eq fijado/año]	Futuro [t CO ₂ eq fijado/año]
Sumideros	160.546	209.186

Tabla 53: Potencial actual y futuro de secuestro de CO₂ eq por usos del suelo
Fuente: Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, P.Smith et al (IPCC), G. Montero, et al. 2005, Factores IPCC

d) Balance total

Fuentes	Emisiones [tn CO ₂ /año]
Gas natural	74.508
Sumideros	-209.186
Total	-134.678

Tabla 54: Emisiones en el escenario neutro en emisiones
Fuente: Elaboración propia

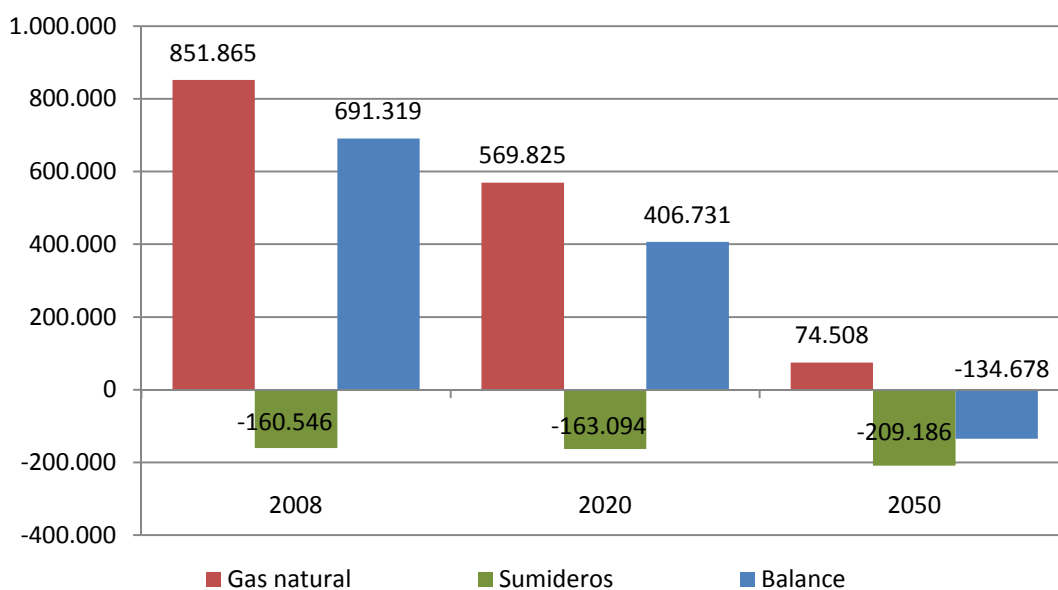


Figura 48: Balance de emisiones para los distintos escenarios
Fuente: Elaboración propia

En total se llega a un escenario en que el computo total de emisiones es negativo (-134.678 t CO₂eq/año). Este es un objetivo muy ambicioso y que requiere un gran esfuerzo, tanto social como económico. Sin embargo lograr una ciudad que absorbe carbono en lugar de emitirlo y que prácticamente tiende al autoabastecimiento con recursos propios y lo que es más importante renovables, sería un modelo a seguir en todas las ciudades del mundo.

0 CO₂

6 Producción y cultivo de alimentos, una propuesta sostenible hacia el autoabastecimiento y la producción local

El desafío es desarrollar patrones de producción y consumo eficientes y diferentes. Consumir eficientemente quiere decir utilizar menos recursos y causar menos contaminación para alcanzar una mejor calidad de vida. Las acciones que se analizan y proponen tienen como objetivo que los procesos de producción sean menos dañinos para el medio ambiente y que promuevan patrones de consumo más sostenibles.

En el marco actual de producción y consumo se observa que hay un mayor consumo de productos agropecuarios producidos en zonas alejadas del planeta, lo que aumenta considerablemente las emisiones de GEI relacionadas con la dieta. Además, este intercambio exagerado de mercancías es la causa de otras problemáticas ambientales como la introducción de especies invasoras o la explotación de recursos naturales en las áreas más pobres del planeta.

Una alternativa, es el consumo de productos locales, aprovechando el potencial propio de cada zona para la obtención de productos de calidad.

También se propone la producción ecológica de leche y huevos. El consumo de productos ecológicos está aumentando puesto que el consumidor cada vez exige más calidad en los alimentos y, está más sensibilizado con temas medioambientales, y valora los sistemas de producción respetuosos con el medio ambiente. Por lo tanto, conseguir una producción ecológica de productos básicos como son la carne, la leche o los huevos es todo un reto para la gestión ganadera.

Además, la certificación de la explotación como ecológica, supone un valor añadido a la producción, al ofrecer alimentos saludables y de calidad. Como referencia, un litro de leche producida con sistemas convencionales puede costar unos 0,75€, mientras que un litro de leche ecológica puede costar 1,06€ en el mercado. Actualmente, la reforma de la Política Agraria Común y el Programa de Desarrollo Rural van orientados a fomentar las producciones de calidad ligadas al territorio y compatibles con el medio ambiente.

Los sistemas de producción ecológica son más rentables económicamente y sostenibles energéticamente al reducir los inputs aplicados al sistema de producción. Estos sistemas de producción no utilizan fertilizantes químicos ni pienso para la alimentación del ganado, y los animales no están estabulados, por lo tanto se reduce considerablemente la energía necesaria. Por ello, la producción ecológica da la oportunidad de producir alimentos sanos contribuyendo al desarrollo sostenible del medio rural.

Para fortalecer la sostenibilidad de la ciudad, y cerrar el ciclo de la materia, agua y energía, se tienen que incorporar estimaciones sobre el potencial de producción de las áreas periurbanas e incluir dicho potencial en la planificación de la ciudad además de hacer participar a las partes interesadas en las cuestiones asociadas a la tenencia de la tierra, la gestión del agua y los desechos, la calidad e inocuidad de los alimentos, y las infraestructuras de mercado.

En la siguiente tabla aparece la dieta promedio de los habitantes de Vitoria-Gasteiz, de estos datos se obtienen los consumos promedio de los alimentos para los cuales se propone el autoabastecimiento.

Dieta Vitoria-Gasteiz (2006)	Promedio [kg/persona·año]	Promedio [g/persona·día]
Cereales y derivados	85,87	235,26
Leche y derivados	167,60	459,18
Huevos	15,03	41,18
Azúcares y dulces	5,69	15,59
Aceites y grasas	8,88	24,33
Verduras y hortalizas	70,87	194,16
Legumbres	6,87	18,82
Frutas	128,95	353,29
Carnes y derivados	8,88	24,33

Tabla 55: Dieta media de los habitantes de Vitoria-Gasteiz (2006)

Fuente: Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz

6.1 Horticultura en el municipio

El municipio, dedica **menos de un 0,5% de la superficie** total cultivada a los cultivos hortícolas. La superficie dedicada a la huerta es de 39,6 ha en la zona periurbana y 0,9 ha de huertos urbanos.

La superficie agraria del municipio se ha especializado en otro tipo de producción, principalmente, cultivos cerealistas, forrajeros y industriales, que ocupan más del 90% de la superficie total cultivada.



Se observa una política municipal que ha potenciado la implantación de huertos urbanos, con experiencias como las realizadas con la cesión de parcelas para el cultivo de huertos ecológicos urbanos, enfocados al ocio de jubilados o bien para los centros educativos. En el área del anillo verde y en las proximidades del río Zadorra también se han cedido parcelas para la creación de huertos ecológicos de uso ciudadano que, se ceden durante un año, con la posibilidad de prórroga hasta 5.

El objetivo general de esta propuesta es evaluar el potencial del municipio para obtener un **50% de autoabastecimiento** en la **producción de hortalizas** y conseguir el 100% de autoabastecimiento con la superficie provincial.

La OMS recomienda un consumo diario de hortalizas de unos 400g/persona, aunque las encuestas alimentarias muestran que la gente consume entre un 20 % y un 50 % menos del mínimo recomendado.

Los datos proporcionados por la Consejería de Agricultura del Gobierno de Euskadi sobre superficies y producción agrícolas de Álava se muestran en la siguiente tabla.

Producto	Superficie [ha]	Producción [t/año]
Aza/Col	30	882
Letxuga/Lechuga	136	3.361
Tomatea/Tomate	55	1.228
Biperre/Pimiento	45	704
Baretxuria/Ajo	15	150
Tipula/Cebolla	18	486
Tekak/Judía verde	118	1.178
Habak/Habas	25	175
Total	442	8.164

Tabla 56: Valores de superficies y producción de hortalizas en Álava 2006

Fuente: Consejería de Agricultura del Gobierno de Euskadi

El **rendimiento medio (Rm)** de un suelo óptimo se define como el cociente entre producción y superficie, en el caso de las hortaliza $Rm=18.470 \text{ kg/ha}$.

Producto	Consumo [kg/día·persona]
Hortalizas	0,194

Tabla 57: Consumo y aporte calórico de las hortalizas

Fuente: Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz y Ministerio de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación

El **consumo diario de hortalizas en el municipio** estaría entorno a $(0,194 \text{ kg/ persona y día} \times 236.525 \text{ habitantes}) = 45.886 \text{ kg/ día}$, es decir que anualmente se consumen más de 16.000 toneladas de productos hortícolas.

Si tenemos en cuenta la superficie actual dedicada al cultivo de hortalizas en el municipio se obtiene un total de 40,5 ha entre cultivos periurbanos y huertas urbanas.

Si una hectárea produce un rendimiento medio (Rm) de 18.470 kg, se obtiene una producción de 748.035 kg/año de productos hortícolas, es decir, potencialmente se autoabastece a un 4,5% de la población.

Si se pretende **autoabastecer el 50% del consumo de hortalizas** en el municipio, se tendría que alcanzar una producción de hortalizas superior a las 8.000 toneladas/año, considerando el rendimiento medio para los cultivos de hortalizas en la región (18.470 kg/ha), la **superficie necesaria de huerto** para alcanzar el objetivo marcado sería de **453 ha**.

Para obtener el 100% de autoabastecimiento en el consumo de hortalizas serían necesarias 983 ha, si se tiene en cuenta toda la superficie provincial, se puede obtener el 100% autoabastecimiento en hortalizas.

Escenario	Superficie [ha]	Producción potencial [toneladas]	% Consumo autoabastecido
Actual	40,5	748	4,5
Futuro (municipio)	453	8.374	50
Futuro (provincia)	907	16.748	100

Tabla 58: Evaluación del autoabastecimiento actual de productos hortícolas en el municipio de Vitoria-Gasteiz

Fuente: Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, Consejería de Agricultura del Gobierno de Euskadi, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación

Otro punto a tener en consideración para garantizar una productividad equilibrada es que se cultiven variedades conocidas y aceptadas localmente, con tecnologías sencillas de producción, manipulación y conservación. Además de tener en cuenta la rotación en las

variedades cultivadas para regenerar de forma natural los suelos y evitar la pérdida de rendimiento.

Es necesario que los agricultores adopten técnicas modernas, programen los cultivos, para organizar la producción durante el año, y que tengan acceso a buen material de siembra. Un suministro de semillas de viveros para hortalizas son insumos decisivos en apoyo a toda la cadena de suministro. La FAO tiene programas para fomentar la horticultura urbana y periurbana. Con una buena gestión, la agricultura urbana y periurbana podría proporcionar productos frescos a un considerable sector de la población local, además de ofrecer un medio de empleo y generación de ingresos.

6.2 Análisis de la potencialidad para la producción de carne de ovino y bovino en sistemas extensivos

Vitoria-Gasteiz presenta un importante potencial en la producción de ganado en pastoreo, ya que cuenta con 3.336 ha de pastos naturales, adecuados por sus características territoriales y climáticas.

Para evaluar la potencialidad de producción de carne en el entorno periurbano se han hecho estimaciones del consumo de estos productos, los datos se han obtenido del estudio de consumo de alimentos en la CAPV, realizado por el Departamento de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno Vasco y de los hábitos alimentarios de la población de Vitoria-Gasteiz.



El consumo anual promedio de carne de bovino en Vitoria-Gasteiz es de 10 kg/persona año. Este consumo en una población de 236.525 habitantes supone **2.374 t/año**. Si el peso medio de un ejemplar es de 300 kg, para autoabastecer a la población de Vitoria-Gasteiz son necesarias $(2.374 \text{ t/año} / 300 \text{ kg}) = 7.914 \text{ vacas}$.

El consumo anual de carne de ovino en Vitoria-Gasteiz es de 0,7 kg/persona año. Este consumo en una población de 256.485 habitantes es de **163 t/año**. Si el peso medio de un ejemplar es de 60 kg, para autoabastecer a la población de Vitoria-Gasteiz son necesarias $(163 \text{ t/año} / 60 \text{ kg}) = 2.723 \text{ ovejas}$.

Según datos facilitados por el ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, el número de vacas censadas en el municipio es de 924 y el de ovejas 606.

Si suponemos un peso medio por vaca de 300 kg, obtenemos que la **producción anual de carne bovina** es de $(924 \text{ vacas} \times 300 \text{ kg}) = 277.200 \text{ kg/año}$.

Si suponemos un peso medio por oveja de 60 kg, obtenemos que la **producción anual de carne ovina** es de $(606 \text{ ovejas} \times 60 \text{ kg}) = 36.360 \text{ kg/año}$.

Estos cálculos muestran que el consumo anual de carne en Vitoria-Gasteiz es muy superior a su producción. En carne bovina tan solo se consigue un autoabastecimiento del 12% y, en carne ovina un 22%.

En la tabla siguiente se resumen los valores obtenidos de consumo y producción.

	Individuos censados	Consumo [kg/año]	Producción [kg/año]	% Autoabastecimiento
Bovinos	924	2.374.258	277.200	12
Ovinos	1.283	163.408	36.360	22
Total	1.530	2.537.666	313.560	12⁹

Tabla 59: Consumo y Producción de carne de bovino y ovino en Vitoria-Gasteiz

Fuente: Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno Vasco

Estudios realizados sobre pastoreo mixto de bovinos y ovinos (datos extraídos de la publicación NEWMAN, 2000), muestran que este tipo de pastoreo aumenta considerablemente la producción (en kg de carne/ha) de los pastos. El pastoreo mono-específico tiene una producción de 275 kg/ha para ganado bovino y 235 kg/ha para ganado ovino, en cambio el pastoreo mixto de bovinos y ovinos puede alcanzar una producción de 302 kg/ha.

Traduciendo la producción del pastoreo mixto en número de animales, se obtiene que por hectárea pueden mantenerse 4,2 vacas y 16,6 ovejas, lo que da un total de 20,8 individuos/ha.

Partiendo de estos datos se calcula la superficie necesaria para autoabastecer a la población de Vitoria-Gasteiz en su insumo anual de carne.

El número de vacas necesario para autoabastecer los insumos de carne bovina es de 7.914, si en un pastoreo mixto se pueden alimentar 4,2 vacas/ha, la **superficie necesaria para autoabastecer** a la población es de $(7.914 \text{ vacas} / 4,2 \text{ vacas/ha}) = 1.884 \text{ ha}$.

En estas 1.884 ha pueden además alimentarse $(1.884 \text{ ha} \times 16,6 \text{ ovejas/ha}) = 31.280$ ovejas.

Según los datos aportados por el SIAM (Sistema de Información Ambiental de Vitoria-Gasteiz) la superficie de pastos en el municipio es de 3.336 ha. Los datos reflejan que con un buen manejo del pastoreo mixto semi-extensivo sería necesario aproximadamente un 56% (1.884 ha) de esta superficie para asegurar el 100% de autoabastecimiento de la ciudad, con la producción de una carne ecológica de gran calidad, además se podría potenciar el sector ovino, ya que su producción superaría la demanda del municipio.

	Consumo [kg/año]	Individuos necesarios	[Individuos/ha]	Superficie necesaria [ha]
Bovinos	2.374.258	7.914	4,2	
Ovinos	163.408	2.723	16,6	
Total	2.537.666	10.638	20,8	1.884

Tabla 60: Consumo actual de ganado ovino y bovino y pastos necesarios en la propuesta de pastoreo mixto

Fuente: Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno Vasco, Newman, E.I. 2000

Para llevar a cabo un buen manejo de este sistema de pastoreo hay que tener en cuenta determinados parámetros para obtener el máximo rendimiento posible. Esto implica un conocimiento detallado y monitoreo previo para conseguir buenos resultados.

Los parámetros a controlar son la carga animal o intensidad, el tiempo de pastoreo y el tiempo de descanso, que dependen de los siguientes factores:

⁹ % Autoabastecimiento = Producción total/consumo total.

- Superficie de pastura
- Producción del pasto
- Ingestión
- Peso medio del animal
- Duración de la época de pastura

Con estos datos se puede calcular el número de animales que se puede mantener en una determinada área.

Número de animales = Superficie de Pastura x Producción / Ingestión x Peso medio x Días de Pastura

Tiempo de pastoreo = tiempo en el que los animales pastan en la misma área, no superior a 3 días.

Por último se calcula el tiempo de descanso, definido como el tiempo en el que los pastos no son consumidos, para permitir que la hierba crezca. Este periodo depende del tipo de especies que componen el pasto, de su estado fisiológico, del clima, de la estación del año y de la edafología.

El momento en que los animales pueden volver a pastar viene determinado por la longitud de la hierba. La ingestión es máxima cuando la pastura alcanza una longitud de 20 a 25 cm, en el caso de ganado bovino y de 15 a 20 cm en el ovino.

En la siguiente tabla se dan algunos valores sobre los periodos de descanso.

Especie	Tiempo Frío [días]	Tiempo Cálido [días]
Hierba estación fría	14	35-50
Hierba estación cálida	35-40	21
Leguminosas	21-28	21-28

Tabla 61: Tiempo de descanso necesario de diferentes tipos de vegetales

Fuente: Blanchet y col., 2003

Conociendo estos datos se puede calcular el número de parcelas en las que se tiene que dividir el pasto y la superficie de éstas, para un pastoreo rotativo.

El cálculo del número de parcelas en las que se dividirá el pasto para un sistema rotativo se realiza con la fórmula siguiente:

Nº de parcelas = [tiempo de descanso (días)/tiempo de pastura (días)] x nº de grupos de animales

Para calcular la **superficie de estas parcelas** se utiliza la siguiente fórmula:

Superficie de parcela = [ingestión del grupo de animales (kg) x tiempo de pastura] / producción de pasto (kg/ha)¹⁰

En el municipio de Vitoria-Gasteiz se propone un sistema de pastoreo mixto y rotativo para el 100% de autoabastecimiento en el consumo de carne de vacuno y ovino en la población.

¹⁰ Producción de pasto (medida del crecimiento desde que empieza el tiempo de descanso hasta que acaba).

Esta propuesta se basa en el estudio de la distribución de las zonas de pasto y su superficie (ver mapa de áreas de pastos y pastizales) junto con una estimación realizada (Lee Rinehart, 2006).

Si el tiempo de pastoreo es de 2 días y el tiempo de descanso de 30 días, para un grupo de animales, el **número de parcelas** necesarias será de **16 unidades**. Para el cálculo de la superficie de estas unidades, consideramos que la ingesta del grupo de animales es de 794,5 Kg, el tiempo de pastura de 2 días y una producción del pasto de 1.784 Kg/ha, entonces la **superficie de las unidades** será de **1 ha**.

Por tanto un pastoreo rotacional y mixto necesita zonas de pastos con superficies de 16 ha para poderlas dividir en 16 parcelas de 1 ha. En el mapa se muestran las zonas de pastos que cumplen estos requisitos. Los datos utilizados para el cálculo del número de áreas y su superficie son estimaciones, para llevar a cabo un buen manejo del pastoreo rotativo son necesarios estudios exhaustivos sobre la tipología de la vegetación en los pastos y su producción.

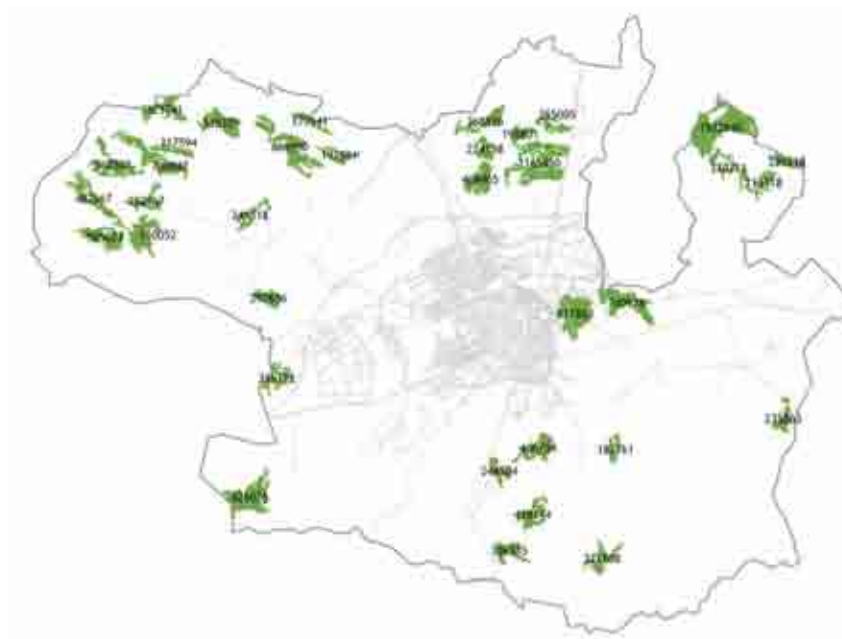


Figura 49: Superficies zonas de pastos, praderas y pastizales naturales
Fuente: Elaboración propia

6.3 Análisis de la potencialidad para la producción ecológica de leche

Se evalúa el potencial del municipio para la producción ecológica de leche, basado en un sistema de producción sostenible y eficiente desde el punto de vista energético.

La producción ecológica de leche se basa en un sistema de régimen extensivo, en la que los animales se alimentan en régimen de pastoreo. Además, las explotaciones de producción ecológica deberán atenerse a la siguiente normativa: Reglamento (CEE) 2092/91 del Consejo (DOCE de 22-7-91), la normativa española, RD 1852/1993 de 22 de Octubre (BOE de 26-11-93) y la Orden de 1 de Septiembre de 1997 (BOE de 13-9-97), que prohíben la utilización de ciertos productos en el proceso de producción.

El modelo de pastoreo propuesto para la producción ecológica de leche es complementario al modelo de pastoreo mixto para la producción de carne de bovino y ovino (ver apartado anterior). El municipio cuenta con 3.336 ha de pastos, un 56% de esta superficie, 1.884 ha, se podrían dedicar a la producción de carne obteniendo el 100% de autoabastecimiento y un **44% de esta superficie, 1.477 ha** se podrían dedicar a la **producción ecológica de leche**, obteniendo un **28% de autoabastecimiento**.

El **50% de autoabastecimiento** es posible si se tiene en cuenta toda la superficie provincial, serían necesarias **2.719 ha** y para el **100% de autoabastecimiento** en leche ecológica, serían necesarias **5.438 ha**.

Para evaluar el potencial de autoabastecimiento en la producción ecológica de leche en el municipio, se han hecho estimas de los consumos a partir de los datos aportados por el estudio de consumo de alimentos en la CAPV, realizado por el Departamento de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno Vasco y de los hábitos alimentarios de la población de Vitoria-Gasteiz.

Así el **consumo** medio de **leche de vaca** en la ciudad de Vitoria-Gasteiz es de 107 litros/persona/año, esto equivale aproximadamente a un vaso de leche diario. Este consumo en una población de 236.525 habitantes es de **25.308.234 litros/año**.

La producción actual de leche se estima en 3,5 millones de litros por año, por tanto el autoabastecimiento actual se sitúa en un 14%.

Aplicando los datos de producción y carga animal que se contemplan en el modelo a la superficie de pastos reservada a la producción ecológica de leche en el municipio, **1.452 ha**, se obtiene el número de animales que se pueden mantener en esta superficie y su producción potencial.

Estación	Producción [litros/vaca/día]	Carga animal [vacas/ha]	Nº de vacas por época	Producción ¹¹ potencial [litros/año]
Primavera	12	2	2.954	3.190.320
Verano	6	1,6	2.363	1.276.128
Otoño	8	1,6	2.363	1.701.504
Invierno	4	1,6	2.363	850.752
Total				7.018.704

Tabla 62: Potencial de Vitoria-Gasteiz en la producción ecológica de leche
Fuente: Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, Navia, 2000

La **Producción potencial** de leche ecológica en el municipio se estima en **más de 7 millones de litros**, esto supone cubrir el **27% del consumo** actual de leche en el municipio, con un producto local de gran calidad

Producción ecológica de leche	Consumo [litro/año]	Producción potencial [litros/ha]	% Autoabastecimiento	Superficie (ha)
Propuesta (superficie municipal)	25.308.234	4.654	27	1.452
Propuesta (superficie provincial)	25.308.234	4.654	50	2.719

Tabla 63: Autoabastecimiento propuesto para Vitoria-Gasteiz en leche ecológica
Fuente: Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, Navia, 2000

¹¹ Producción potencial = nº de vacas x litros/vaca y día por 90 días.

6.4 Análisis de la potencialidad para la producción ecológica de huevos

El sector avícola no está muy extendido en el municipio, sin embargo es un sector que puede potenciarse con una producción ecológica, sostenible y rentable.

La producción ecológica de huevos se basa en el libre acceso de las ponedoras a las zonas exteriores, mediante un sistema de producción extensivo.

Las ventajas de este sistema son:

- Bienestar animal.
- Mayor potencial en el mercado.



Los sistemas de producción avícola extensivos pueden integrarse en los cultivos hortícolas, proporcionando ciertos servicios a los cultivos como son, la fertilización mediante sus deyecciones, el control de insectos y el control de malezas.

Se propone potenciar la **producción de huevos ecológicos** en Vitoria-Gasteiz por medio de pequeñas granjas integradas en cultivos hortícolas y forrajeros, para conseguir un 50% de autoabastecimiento en el consumo de huevos, considerando únicamente la superficie municipal. La propuesta también ha sido calculada para obtener un 100% de autoabastecimiento en la producción de huevos ecológicos, teniendo en cuenta la superficie provincial.

Para evaluar esta propuesta es necesario conocer el consumo de huevos en el municipio, la producción media de una explotación de las características indicadas y la viabilidad económica de esta.

En Vitoria-Gasteiz se consumen un promedio de 288 huevos por persona y año. Este consumo en una población de 236.525 habitantes es de 68.119.200 huevos/año.

Una granja pequeña de 350 gallinas produce una media de 240 huevos diarios y un total de 87.600 huevos anualmente. Con esta producción se necesitarían 388 granjas para autoabastecer en un 50% la demanda de huevos del municipio.

Una granja integrada de producción avícola y agraria requiere un mínimo de 2 hectáreas: un gallinero de 60m², dos patios de 1.500 m² que permitan la rotación de las gallinas y, 1,5 ha de cultivo ecológico donde se utilizará el estiércol producido en la granja como abono.

En el municipio hay un total de 39,6 ha dedicadas al cultivo de hortalizas y 396,5 ha dedicadas a cultivos forrajeros. Estas zonas serían óptimas para combinar la producción hortícola y forrajera con la producción de huevos.

Dedicando esta pequeña superficie a la producción ecológica de huevos aumentarían las rentas anuales de las explotaciones agrícolas, además de ofrecer a la población local un producto propio y de calidad.

Producción ecológica de Huevos	Consumo [Huevos/año]	Producción potencial [huevos/año]	% Autoabastecimiento	Número de granjas
Propuesta (superficie municipal)	68.008.136	34.004.068	50	388
Propuesta (superficie provincial)	68.008.136	68.008.136	100	776

Tabla 64: Autoabastecimiento propuesto para Vitoria-Gasteiz en huevos ecológicos
Fuente: Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz

6.5 Evaluación del potencial en la producción sostenible de alimentos

Se estima que el consumo energético derivado de la dieta es de 486 GWh/año y las emisiones 368.270 tCO₂/año. Vitoria-Gasteiz puede reducir el impacto derivado de la dieta de sus habitantes, aumentando la producción sostenible de productos locales y promocionando su consumo en el municipio. Se estima que con las acciones propuestas de autoabastecimiento y producción local se puede llegar a reducir un 28% el impacto causado por la dieta respecto al 2020.

Asumir este modelo tiene ventajas ya que promueve el comercio local estableciendo una red de productores de alimentos locales de alta calidad. Además la producción hortícola podría utilizar el compost generado por la fracción de materia orgánica de los residuos urbanos y el estiércol producido en las explotaciones ganaderas para uso como fertilizante y abonado natural, cerrando ciclos de materia y reduciendo el consumo energético.

Comer alimentos sanos y respetuosos con el medio ambiente es posible. El estudio de la potencialidad de producción de calidad, ecológica y sostenible para abastecer a la población de Vitoria-Gasteiz muestra que para determinados alimentos es factible. Para ello la planificación es esencial puesto que requiere utilizar elementos interconectados que pueden servir para dos funciones o más buscando el aprovechamiento máximo y convirtiendo los residuos en recursos.

Los productos de la dieta que se han analizado, son los que tienen un porcentaje elevado en el consumo y además, por las características del entorno periurbano de Vitoria-Gasteiz, son susceptibles de potenciar su producción con criterios de sostenibilidad.

El análisis realizado sobre las necesidades de productos hortícolas para suministrar a toda la ciudad y los datos de producción calculados a partir de las superficies reales destinadas a la producción muestran que el abastecimiento es de un 4,5% y que para alcanzar la totalidad se necesitarían destinar más de 900ha de cultivos.

La propuesta para fomentar la producción local consiste en alcanzar un 50% de autoabastecimiento en el consumo de productos frescos y de calidad, esto supone incrementar la superficie destinada a la huerta tanto de las explotaciones periurbanas como de los huertos urbanos a 453 ha.

Si la producción actual siguiera criterios para una producción equilibrada, cultivando variedades conocidas y aceptadas localmente, con tecnologías sencillas de producción, manipulación y conservación para obtener la certificación ecológica, permitiría suministrar productos de gran calidad al sector de la restauración en la ciudad (restaurantes y sociedades gastronómicas) potenciando así el sector turístico culinario.

Respecto a la carne de vacuno y ovino, Vitoria-Gasteiz posee un gran potencial para su producción mediante sistemas de pastoreo mixto en las más de 3.000 ha de pastizales naturales, prados y praderas que tiene actualmente, pudiendo alcanzar fácilmente el 100% de autoabastecimiento para este tipo de alimento.

El valor de la ganadería de pastizal es que los productos derivados de ganado terminado en pastoreo contienen más ácidos grasos omega-3 y ácido linolénico conjugado. Todo ello contribuye a productos de alta calidad.

Además la preservación de las zonas de pastos, pastizales con producción mixta y rotativa permiten mantener las fronteras con bosques y áreas de matorral. Estas fronteras pueden albergar una elevada diversidad de avifauna (generalmente zoófaga) que son un elemento de estabilización de la fauna en campos de cultivo. Este tipo de fronteras son estables, maduras y permanentes y son las piezas básicas para los conectores biológicos.

Otro aspecto a tener en cuenta, es que en sistemas extensivos con un modelo de pastoreo óptimo adaptado a los requisitos de la región se puede conseguir una mayor acumulación de carbono que en áreas sin pastoreo. Introducir especies de hierba con elevada productividad y raíces profundas además de introducir leguminosas, para evitar el uso de fertilizantes, puede ayudar a retener carbono en los suelos pastoriles.

Los cálculos efectuados para la producción de leche ecológica muestran que, destinando el 44% de los pastos, el 27% de autoabastecimiento es posible, permitiendo la producción de un producto sostenible de elevada calidad para autoabastecer a un importante sector de la población local.

El análisis del potencial para la producción ecológica de huevos en el municipio, muestra que con la promoción de 388 pequeñas granjas integradas en explotaciones agrícolas, es factible conseguir un 50% de autoabastecimiento ofreciendo un producto propio de gran calidad a la población además de, complementar los ingresos de estas explotaciones.

Alimento	Abastecimiento actual [%]	Abastecimiento potencial [%]	Superficie prevista [ha]
Hortalizas	4,5	50	453
Carne ovino	47	100	1.884
Carne Bovino	12		
Leche	14	27	1.452
Huevos	0	50	389

Tabla 65: Potencial de autoabastecimiento de Vitoria-Gasteiz en la producción (teniendo en cuenta la superficie municipal) Fuente: Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno Vasco

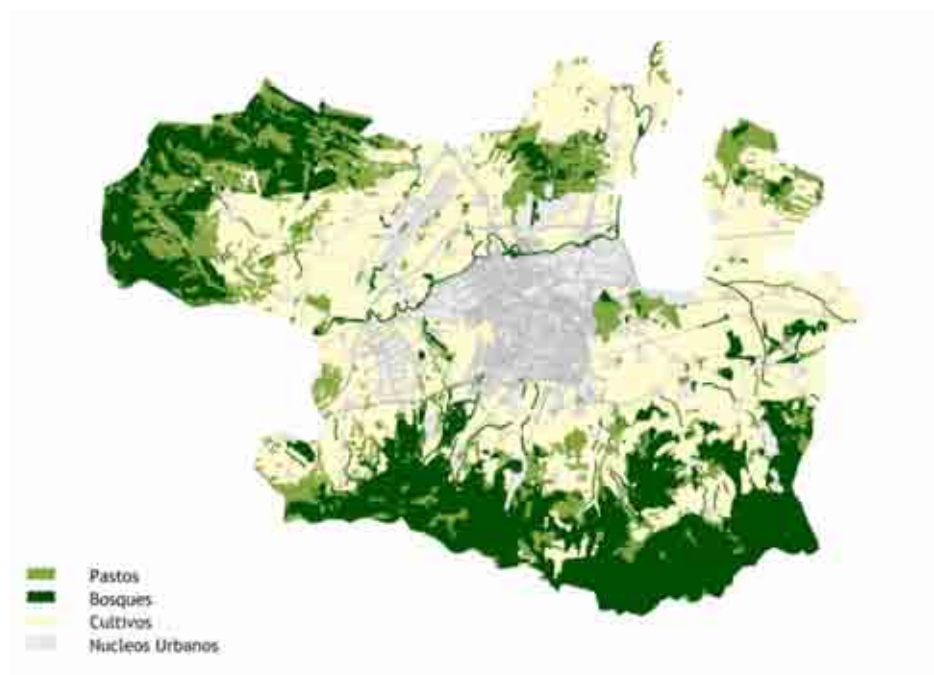


Figura 50: Superficies de bosques, pastos y cultivos en Vitoria-Gasteiz.
Fuente: Elaboración propia.

El crecimiento tendencial de la población para el 2020, según datos de EUSTAT, se estima en más de un 7% respecto al 2008. En términos de autoabastecimiento, un aumento en el número de habitantes implica mayores requerimientos de suelo para la producción de alimentos.

En tabla 66 se muestra la superficie necesaria para autoabastecer a la población de los productos básicos evaluados: hortalizas, carne roja, leche y huevos, si suponemos un aumento de población de 1000 habitantes.

	Consumo kg, litros, unidades/ cápita y año	Producción kg, litros, unidades/ cápita y año	Superficie para autoabastecer a 1000 hab (ha)
Hortalizas	70,8	18.470	3,8
Carne roja	10,7	302	35,4
Leche	107,0	4.654	23,0
Huevos	288,0	43.800	6,6
Total			68,8

Tabla 66: Superficie necesaria para el autoabastecimiento de 1000 habitantes en Vitoria-Gasteiz.
Fuente: Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno Vasco

El autoabastecimiento de hortalizas puede conseguirse con la reserva de zonas para la implantación de huertos urbanos en las nuevas urbanizaciones y gestionando adecuadamente la superficie periurbana apta para la producción hortícola. Se estima que 1 ha de huerta pueden producir suficiente para autoabastecer 261 personas.

El autoabastecimiento de huevos es posible mediante la construcción de pequeñas granjas, estas pueden integrarse a los cultivos hortícolas. Se estima que una granja de 350 gallinas produce suficientes huevos para abastecer a más de 300 personas.

El autoabastecimiento en carne roja y leche mediante producción extensiva requiere una mayor superficie ya que los requerimientos son más exigentes, se requieren pastizales adecuados para el pastoreo de estos animales.

Por todo ello, el municipio de Vitoria-Gasteiz puede desarrollar políticas para la promoción y mantenimiento de áreas agrícolas y ganaderas, que le permita avanzar en la sostenibilidad produciendo un porcentaje elevado de los alimentos requeridos por su población. Además al aumentar la eficiencia de los recursos y los esfuerzos para mejorar la sostenibilidad se puede convertir en una fuente de innovación y un importante factor de competitividad si estas producciones abastecen al sector de la restauración.

7 Conclusiones

Lograr que Vitoria-Gasteiz sea una ciudad neutra en emisiones y autoabastecible energética y alimentariamente es un objetivo ambicioso el cual plantea las siguientes líneas de actuación:

- Replantear el sistema de movilidad actual dentro de la ciudad, reduciendo drásticamente los desplazamientos en vehículo privado (más de un 70%) y potenciando sistemas de transporte más eficientes y respetuosos con el medio (mayor transporte público, incentivar el uso de la bicicleta, transición hacia vehículos eléctricos y híbridos...). Con ello se puede reducir el consumo de este sector en un 82%.
- Reducir la demanda energética de los edificios actuales por un lado rehabilitando el envolvente, por otro reduciendo el consumo sustituyendo electrodomésticos, iluminación, calderas por sistemas más eficientes. Con ello se puede lograr un consumo medio por vivienda inferior a 7.000 kWh/año (reducción de más del 40% respecto el valor actual).
- Diseñar y construir los nuevos edificios con criterios de máxima eficiencia (orientación adecuada, sistemas solares pasivos, captación de luz natural, suelo radiante, equipos de máxima eficiencia...). Con estos criterios se puede lograr un consumo inferior a 5.000 kWh/año por vivienda.
- Reducir el consumo energético del espacio público, principalmente sustituyendo el alumbrado y los semáforos por sistemas más eficientes, logrando una reducción del consumo energético de más del 40%.
- Minimizar la generación de residuos e implantar un modelo de gestión que potencie, en primer lugar, su valorización material y en segundo lugar, su valorización energética. Esto aunque no supone un ahorro energético genera energía, unos 88,4 GWh anuales.
- Disminuir el consumo de agua potable mediante la mejora en la eficiencia de la red, el cambio en los hábitos de consumo, la instalación de ahorradores y el impulso al uso de fuentes hídricas no convencionales (pluviales, grises...). Estas acciones permiten alcanzar un ahorro energético del 17% respecto al valor actual.
- Reducir las emisiones del sector primario y conseguir el autoabastecimiento en alimentos. Esto se puede lograr mediante la producción sostenible de productos locales y promocionando el consumo de estos productos en el municipio. Asumir este modelo tiene ventajas ya que promueve el comercio local estableciendo una red de productores de alimentos locales de alta calidad.
- Lograr los potenciales de producción energética con fuentes renovables dentro del municipio. Se estima que este techo de producción se sitúa alrededor de 460 GWh/año, principalmente a partir de la captación de energía solar (térmica y fotovoltaica). También es destacable la contribución de la energía mini eólica y el aprovechamiento de los RSU.

- Aumentar la producción energética en el territorio alavés (biomasa, hidráulica, eólica, huertos solares) para abastecer al municipio de Vitoria. La energía producida es básicamente eléctrica, proveniente de centrales hidroeléctricas y de parques eólicos. También es destacable la contribución de la biomasa, principalmente para la generación de biocombustibles.
- Desarrollar un sistema eléctrico capaz de garantizar el suministro eléctrico en todo momento y en todas partes del municipio (redes inteligentes, sistemas de almacenamiento mediante centrales hidroeléctricas reversibles, mix eléctrico con contribución de todas las fuentes renovables).
- Aumentar la capacidad de captación de CO₂ del verde urbano a partir de cubiertas verdes (aumento de 40.000 m²) y del área forestal (aumento de 2.500 ha) consiguiendo una capacidad de fijación total de unas 209.186 t CO₂.

8 Bibliografía

8.1 Movilidad

AGENCIA DE ECOLOGÍA URBANA DE BARCELONA - AYUNTAMIENTO VITORIA-GASTEIZ. (2007). Plan de Movilidad y Espacio Público de Vitoria-Gasteiz.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO. Proyecto MOVELE [En línea] <http://movele.ayesa.es/movele2/>

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. Libro verde de medio ambiente urbano

8.2 Edificación y espacio público

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (AENOR). *Sistemas de Certificación Energética*.

ETSII BÉJAR. (2007). *Tecnología Energética*:
www.ingenieroambiental.com/nov/TA_02_2007_02.pdf

EUSKALMET - AGENCIA VASCA DE LA METEOROLOGÍA

GRUPO ESINOR. (2009-2010). *Catálogo de sistema de ahorro energético y telegestión para alumbrado exterior*.

GRUPO MIMAVEN. (2008). *Regulador Estabilizador de Flujo Luminoso STALVIAL*.

JUNTA DE ANDALUCÍA. *Dossier Informativo sobre la contaminación lumínica*

MINISTERIO DE VIVIENDA. (2009). *Código técnico de la edificación. Ahorro de energía*.

MONNÉ BAILO, C.; DÍEZ PINILLA, L.I. (2007). *Prácticas de Energías Renovables*. Pressas Universitarias de Zaragoza (PUZ).

PORTAL DEL INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (IDAE).

SUNLUX. *Iluminación natural*.
<http://www.sunlux.es>

UPC, DEPARTAMENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA. *Luminarias*.
<http://edison.upc.es/curs/llum/indice0.html>

8.3 Gestión de residuos y limpieza urbana

AGENCIA D'ECOLOGIA URBANA DE BARCELONA. Sistema de Información y Modelización Urbana de Residuos (SIMUR). Programa informático

AYUNTAMIENTO DE VITORIA-GASTEIZ. (avance publicado). Plan integral de gestión de los residuos municipales de Vitoria-Gasteiz (2008-2016).

CIEMAT. (2006). Análisis de Ciclo de Vida de Combustibles alternativos para el Transporte. Ministerio de Medio Ambiente

CENTRO COMPLUTENSE DE ESTUDIOS E INFORMACIÓN MEDIOAMBIENTAL (2009) *Global España 2020/50 programa*

DOMÍNGUEZ, M.; BARRAL, M.T. Y DÍAZ-FIERROS. *Usos del compost y papel de la materia orgánica del suelo*. Depto. Edafología y Química Agrícola. Universidad de Santiago de Compostela

ENZO FAVOINO. (2010). *Contribution of biowaste to tackle climate change*. International Solid Waste Association

ENVIRONMENT AUSTRALIA. (2002) Plastic Shopping Bags Analysis of Levies and Environmental Impacts

MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO E IDOM. (2010). Estudio de viabilidad de una planta de procesado de los rechazos del tratamiento mecánico-biológico de los residuos urbanos para la obtención de un combustible sólido recuperado.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, Y MEDIO RURAL Y MARINO. (2009). Jornada Bolsas comerciales de un solo uso

PETER R WHITE ET AL. (2001). Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory. Blackwell Science

PETER R WHITE ET AL. (2001) Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory. Blackwell Science

8.4 Ciclo hidrológico

GOBIERNO VASCO, DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO (2008). Propuesta de plan de mejora hidrológica e hidráulica de los ríos Esquivel, Torroguico, Maniturri, Ali, Batán, Zapardiel, Olárizu y Errekaleor. Documento cero

8.5 Sector primario y sumideros

Aubert,M-H. (2006): Report on the proposal for a Council regulation on organic production and labelling of organic products.COM (2005) 0671; C6 0032/2006; 2005/0278 CNS.

AGÈNCIA DE RESIDUS DE CATALUNYA. (2004) *Guía de tratamientos de las deyecciones ganaderas*.

DEPARTAMENT D'AGRICULTURA, RAMADERIA I PESCA.

AYUNTAMIENTO DE VITORIA-GASTEIZ. (2004). *El anillo verde en Vitoria-Gasteiz*.

AYUNTAMIENTO DE VITORIA-GASTEIZ Y CEA (CENTRO DE ESTUDIOS AMBIENTALES). (2001). *Mapa de vegetación del municipio de Vitoria-Gasteiz*.

AYUNTAMIENTO DE VITORIA-GASTEIZ Y CEA (CENTRO DE ESTUDIOS AMBIENTALES). (2001). *Mapa de Biotopos faunísticos*.

AYUNTAMIENTO DE VITORIA-GASTEIZ Y CEA (CENTRO DE ESTUDIOS AMBIENTALES). (2001). *Mapa de Vegetación Potencial*.

BRONSTEIN, G. (1983). *Los arboles en la producción de pastos*. In L. Babbar.

CARLSSON, GEORG AND HUSS-DANELL, KERSTIN. (2008). *How to quantify biological nitrogen fixation In forage legumes in the field*. [En línea]
<http://www.springerlink.com/content/q20m411730017n48/>

CARLOS SANTAMARÍA ECHARTE. (2009). *Gestión técnico económica-herramienta necesaria para la toma de decisiones en explotaciones ganaderas*.
<http://www.navarraagraria.com/n173/argestio.pdf>

DAGÁ ESCRIBANO, CARLOS. (2006) *Acciones para prevenir los incendios forestales*. [En línea]
<http://forestman.espacioblog.com/post/2006/09/03/silvopastoreo-con-cabras-y-otras-acciones-prevenir-los>

DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE, PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, AGRICULTURA Y PESCA DEL GOBIERNO VASCO. (2005). *Inventario forestal de la CAE*.

DI MARCO, O.N. (2007). *Crecimiento de vacunos para carne. Unidad Integrada Balcarce* .INTA-FCA. [En línea]
http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/85-crecimiento_produccion.pdf

DÍAZ JAIMES L A, MORENO-ELCURE F Y L CARRERO. (2006). *Modelo silvopastoril de regeneración natural con especies forestales, promotor de servicios ambientales en la zona norte del Estado Táchira, Venezuela*. [En línea]
<http://www.lrrd.org/lrrd18/11/ampa18153.htm>

DIPUTACIÓN FORAL DE ÁLAVA. (2009). *Plan Mugarri*.

EUSKO JARLARITZA - GOBIERNO VASCO. (2008). *Plan Vasco de lucha contra el cambio climático*. Departamento de medio ambiente y ordenación del territorio.

- EUSKO JARLARITZA - GOBIERNO VASCO. (2006). *Plan de agricultura y medio ambiente en la comunidad autónoma del País Vasco: Indicadores 2006*. Departamento de agricultura, pesca y alimentación.
- FANATICO, ANNE. (2007). *Sistemas avícolas alternativos con acceso a pastura*. ATTRA
- FELIU A. Y OTERO LL. (2007). *Recuperación energética ecoeficiente de residuos*. Fundación gas natural.
- FIGUEROA, M.E. (2008). *Los sumideros naturales de CO₂ una estrategia sostenible entre el cambio climático y el protocolo de Kioto desde la perspectiva urbana y territorial*.
- FORBES R MCDUGALL ET AL. (2001). *Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory*. Blackwell Science.
- GOBIERNO DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS. (2005). *Guía sobre ganadería ecológica*.
- Guía de buenas prácticas para la producción y comercialización de alimentos ecológicos. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2008.
- GONELLA, C.A. (2000). *Producción de carne en sistemas pastoriles*. [En línea]. www.produccionbovina.com
- GRACIA, CARLES. (2009). *Biomasa forestal y sumideros de CO₂*. CREAF (Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals).
- H.C. Wilting et al, 2004. *EAP (Energy Analysis Program, version 3.5)*. IVEM research report, nº98.
- INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (IDAE). (2007). *Ahorro, eficiencia energética y fertilización nitrogenada*.
- JOSÉ F BALLESTER-OLMOS Y ANGUÍS. *Suelo y fertilización de parques y jardines*. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. [En línea]. http://www.mapa.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_2006_2122.pdf
- LAFARGA, ALBERTO. DELGADO, JAVIER. (2007). *Una contribución significativa de la agricultura a la disminución del calentamiento global*. ITG agrícola.
- MARTÍN, GUILLERMO O. *Pasturas, una estrategia de producción para áreas ganaderas del NOA: Sistema silvopastoril*. [En línea]. http://www.produccion.com.ar/1999/99abr_18.htm
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. (2007). *Libro Verde de Medio Ambiente Urbano*. Tomo I.
- MONTERO, G ET AL. (2005). *Producción de biomasa y fijación de CO₂ por los bosques españoles*.
- NEWMAN, E. I. (2000). *Applied ecology and environmental management*. 2nd ed. Oxford: Blackwell.

O. RUSSO, RICARDO. *Los sistemas agrosilvopastoriles en el contexto de una agricultura sostenible*. [En línea].

http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_ix/A01-1277-48.pdf

PEDRO URBANO TERRÓN. (1995). *Tratado de fitotecnia general*. Ed. Mundi-prensa.

PEREA, F. Y RIBES, G. (2007). *Consumo de gasoil y tiempos de trabajo de la maquinaria agrícola*.

Plan estratégico para la producción ecológica, 14 enero 2004 del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, plurianual 2004-2006

POSADA NAVIA, C. (2000). *Estado actual de los conocimientos sobre utilización de pastos y ensilados en la producción de carne de vacuno*. [En línea]. www.attra.ncat.org

POSADA NAVIA, C. *Propuesta de producción ecológica de leche*. [en línea]. www.zoetecnocampo.com

PRÉ CONSULTANTS. (1998) *The Buwal 250 Library*.

Reglamento CEE núm. 2092/91 del Consejo para uso logotipo “Agricultura ecológica-Sistema de Control”

REID GK, ROBINSON S, CHOPIN T, LANDER T, MACDONALD B, HAYA K, BURRIDGE F, PAGE F, RIDLER N, JUSTASON A, SEWUSTER J, POWELL F AND MARVIN R. (2007). *An interdisciplinary approach to the development of integrated multi-trophic aquaculture (IMTA): bioenergetics as a means to quantify the effectiveness of IMTA systems and ecosystem response*. World Aquaculture Society. Aquaculture 2007 conference proceedings, pg. 761. [En línea]
<https://www.was.org/Meetings/AbstractData.asp?AbstractId=13933>

RINEHART, L. (2008). *Nutrición para rumiantes en pastoreo*. [En línea]
http://animalrangeextension.montana.edu/articles/forage/main_grazing.htm

RODRÍGUEZ, J.I Y MONZÓN, E. (2004). *Granjas de producción de huevos ecológicos*. Federación Canaria de desarrollo rural.
<http://www.ruralnaturaleza.com/la-ganaderia-extensiva-en-espana>

RODRÍGUEZ PASCUAL, MANUEL. (2008). *La ganadería extensiva en España*. [En línea]

8.6 Producción de energía

ÁLVAREZ, CL. (2006). *Energía Eólica*. IDAE

APUNTES DE MÁSTER: INGENIERIA DE LA ENERGIA (UB/UPC)

BORNAY. *Aereogeneradores*.

<http://www.bornay.com/eolica/es/aerogeneradores/>

CONFEBASK ON-LINE

<http://www.confebask.es/Castellano/revista/0303/noticia5.htm>

DIPUTACIÓN FORAL DE ÁLAVA. (2009). *Plan Mugarri*.

ECOLOGÍA VERDE

<http://www.ecologiaverde.com/pintura-solar-pintura-generadora-de-energia-solar/>

GEOTICS. *Geotermia Solar*

ICOGEN. *Bomba de adsorción*

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MASSACHUSETTS (MIT)

MUNDOMANZ

http://www.mundomanz.com/meteo_p/main

NOTICIAS DE GIPUZKOA

<http://www2.noticiasdegipuzkoa.com/ediciones/2008/11/10/sociedad/gipuzkoa/d10gip6.1334245.php>

PORTAL DEL ENTE VASCO DE LA ENERGÍA (EVE).

SONDEOS ESTRADA. *Geotermia*.

UPC - DEPARTAMENT D'ENGINYERIA ELECTRÒNICA. *Energía Solar Fotovoltaica*

UPC - CENTRE D'INNOVACIÓ TECNOLÓGICA EN CONVERTIDORS ESTÀTICS I ACCIONAMENTS (CITCEA)

WINDSIDE. *Turbinas*.

<http://www.windside.com/products.html#turbines>

XAVIER ELIAS CASTELLS. (2005). TRATAMIENTO Y VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS

9 Acrónimos

ACS:	Agua Caliente Sanitaria
AMVISA:	Aguas Municipales de Vitoria
BOE:	Boletín Oficial del Estado
CAPV:	Comunidad Autónoma País Vasco
CEE:	Comunidad Económica Europea
CSR:	Combustible Sólido Recuperado
CTE:	Código Técnico de la Edificación
CVR:	Control Voltage Regulation
DOCE:	Diario Oficial de la Comunidad Europea
EAP:	Energy Analysis Program
EDAR:	Estación Depuradora de Aguas Residuales
EUSTAT:	Euskal Aeko Estatistika Ofiziala
EVE:	Ente Vasco de la Energía
FACTS:	Flexible AC Transmission Systems
FAO:	Food and Agriculture Organization
FORU:	Fracción Orgánica de Residuos Urbanos
FV:	Fotovoltaica
GEI:	Gases de Efecto Invernadero
HORECA:	Hotel/Restaurante/Café
IDAE:	Instituto para la Diversificación Energética y Ahorro de Energía
INE:	Instituto Nacional de Estadística
IPCC:	Intergovernmental Panel of Climate Change
ISWA:	International Solid Waste Association
K:	Coeficiente de transmisión térmica
LED:	Light Emitting Diode
OTA:	Organización Tarifaria de Aparcamiento
PCI:	Poder Calorífico Inferior
RSU:	Residuos Sólidos Urbanos
TP:	Transporte público
USC:	Universidad de Santiago de Compostela
VP:	Vehículo privado
2020 T:	Escenario 2020 tendencial

10 Índice de tablas y figuras

10.1 Tablas

Tabla 1: Evolución de población y superficies entre 2008-2050, Ayuntamiento Vitoria-Gasteiz	8
Tabla 2: Consumos energéticos por sectores en el 2008.....	8
Tabla 3: N° de desplazamientos y reparto modal en Vitoria-Gasteiz en 2006	10
Tabla 4: N° de desplazamientos/ motivo en el escenario 2006, en el escenario tendencial 2020 y en el escenario de máxima eficiencia.....	15
Tabla 5: N° de desplazamientos y reparto modal de la movilidad en escenario 2020 tendencial y en escenario neutro en emisiones	15
Tabla 6: Consumo tendencial y de máxima eficiencia en transporte	19
Tabla 7: Consumos totales por año de construcción de vivienda plurifamiliar	21
Tabla 8: Consumos totales por año de construcción de vivienda unifamiliar	21
Tabla 9: Evolución de la población y viviendas ocupadas entre 2008-2020-2050	22
Tabla 10: Consumos totales del sector residencial en el escenario tendencial 2020.....	23
Tabla 11: Coeficientes de transmisión en viviendas de máxima eficiencia	24
Tabla 12: Consumos por tipología de vivienda en escenario de máxima eficiencia	24
Tabla 13: Consumos totales del sector residencial en el escenario de máxima eficiencia ...	25
Tabla 14: Consumo tendencial 2020 y de máxima eficiencia en doméstico.....	25
Tabla 15: Consumo tendencial y de máxima eficiencia en equipamientos.....	26
Tabla 16: Consumo tendencial y de máxima eficiencia en el sector terciario.....	26
Tabla 17: Consumo tendencial y de máxima eficiencia en el sector terciario y de equipamientos.....	26
Tabla 18: Consumo tendencial y de máxima eficiencia en el espacio público.....	28
Tabla 19: Evolución del ahorro de energía por crédito por reciclaje aplicando metodología con perspectiva de ciclo de vida en GWh. Información complementaria.....	31
Tabla 20: Evolución consumo por tipo de servicio en GWh.....	32
Tabla 21: Evolución consumo de la recogida de residuos y limpieza urbana por fuente energética en GWh	32
Tabla 22: Evolución consumo del tratamiento de los residuos por fuentes energéticas en GWh	33
Tabla 23: Evolución de la valorización energética de los residuos en GWh	33
Tabla 24: Evolución del consumo del sector residuos y limpieza urbana por fuentes energéticas (GWh)	34
Tabla 25: Consumo tendencial y de máxima eficiencia para el ciclo hídrico	36
Tabla 26: Consumo actual y de máxima eficiencia en primario	40
Tabla 27: Potencial de autoabastecimiento de Vitoria-Gasteiz en la producción (Teniendo en cuenta la superficie provincial).	41
Tabla 28: Consumo actual y de máxima eficiencia en la dieta	41
Tabla 29: Consumo tendencial y de máxima eficiencia en todos los sectores.....	42
Tabla 30: Consumo tendencial y de máxima eficiencia por fuentes.....	42
Tabla 31: Consumo tendencial y de máxima eficiencia por habitante de Vitoria.....	43
Tabla 32: Producción actual con energías renovables en Álava y Vitoria-Gasteiz (2009).....	46
Tabla 33: Demanda térmica en el sector residencial en situación de máxima eficiencia	49
Tabla 34: Cobertura de la demanda térmica y características de la instalación solar térmica para el sector residencial	50
Tabla 35: Características del sistema fotovoltaico para el consumo de la bomba para el sector residencial.....	50
Tabla 36: Demanda térmica y en refrigeración en los servicios en situación de máxima eficiencia.....	51

Tabla 37: Cobertura de la demanda térmica y características de la instalación solar térmica para el sector servicios	51
Tabla 38: Características del sistema fotovoltaico para el consumo de la bomba para el sector servicios	52
Tabla 39: Demanda térmica y en refrigeración en los equipamientos en situación de máxima eficiencia	52
Tabla 40: Cobertura de la demanda térmica y características de la instalación solar térmica para los equipamientos	52
Tabla 41: Características del sistema fotovoltaico para el consumo de la bomba para los equipamientos	52
Tabla 42: Demanda, cobertura y características de las instalaciones para los distintos sectores.....	53
Tabla 43: Superficie, potencia y energía producida con energía fotovoltaica sobre tejado para distintos escenarios	54
Tabla 44: Radiación solar incidente en una fachada vertical para distintas orientaciones...	57
Tabla 45: Superficie, potencia y energía producida con ventanas solares para cada escenario	57
Tabla 46: Potencia instalada y producción energética con energía solar fotovoltaica.....	58
Tabla 47: Potencia instalada y producción energética con energía eólica	61
Tabla 48: Producción energética a partir de residuos de biomasa.....	65
Tabla 49: Producción energética a partir de residuos sólidos urbanos.....	66
Tabla 50: Potencial de producción de energía renovable para Vitoria.....	69
Tabla 51: Consumo y producción energética por fuentes en el escenario neutro en carbono	70
Tabla 52: Propuestas de ampliación del potencial como sumidero de los bosques municipales	73
Tabla 53: Potencial actual y futuro de secuestro de CO ₂ eq por usos del suelo.....	75
Tabla 54: Emisiones en el escenario neutro en emisiones.....	75
Tabla 55: Dieta media de los habitantes de Vitoria-Gasteiz (2006)	77
Tabla 56: Valores de superficies y producción de hortalizas en Álava 2006	78
Tabla 57: Consumo y aporte calórico de las hortalizas	78
Tabla 58: Evaluación del autoabastecimiento actual de productos hortícolas en el municipio de Vitoria-Gasteiz.....	78
Tabla 59: Consumo y Producción de carne de bovino y ovino en Vitoria-Gasteiz	80
Tabla 60: Consumo actual de ganado ovino y bovino y pastos necesarios en la propuesta de pastoreo mixto	80
Tabla 61: Tiempo de descanso necesario de diferentes tipos de vegetales.....	81
Tabla 62: Potencial de Vitoria-Gasteiz en la producción ecológica de leche	83
Tabla 63: Autoabastecimiento propuesto para Vitoria-Gasteiz en leche ecológica.....	83
Tabla 64: Autoabastecimiento propuesto para Vitoria-Gasteiz en huevos ecológicos.....	85
Tabla 65: Potencial de autoabastecimiento de Vitoria-Gasteiz en la producción (teniendo en cuenta la superficie municipal)	86
Tabla 66: Superficie necesaria para el autoabastecimiento de 1000 habitantes en Vitoria-Gasteiz.....	87

10.2 Figuras

Figura 1: Consumo energético por sectores en el 2008.	9
Figura 2: Principales impactos negativos del tránsito vehicular	11
Figura 3: Esquema conceptual de supermanzana.	12
Figura 4: N° de desplazamientos y reparto modal en el escenario 2020 tendencial y en el escenario neutro	16
Figura 5: Zona de bajas emisiones en Londres	17
Figura 6: Coche eléctrico (Fiat 500), coche híbrido enchufable (F3DM), coche hidrógeno (Honda FCX).....	18
Figura 7: Consumo del transporte para el escenario 1 (cambio del reparto modal) y escenario 2 (aplicación de tecnologías verdes)	20
Figura 8: Consumos totales por año de construcción y tipología de vivienda.....	22
Figura 9: Ejemplos de aislamiento en la envolvente térmica.....	24
Figura 10: Modelo de gestión de residuos propuesto para el escenario 2050.	29
Figura 11: Evolución de la generación de residuos por cápita en Vitoria-Gasteiz.....	30
Figura 12: Porcentaje de recogida selectiva por fracción (%)	30
Figura 13: Evolución de los valores de recogida selectiva neta	31
Figura 14: Mapa del carbono orgánico presente en el suelo de las zonas mediterráneas. Gráfico del impacto de la gestión agrícola en el carbono del suelo.	34
Figura 15: Esquema del ciclo hidrológico urbano de Vitoria-Gasteiz	35
Figura 16: Consumos de agua por cápita en el sector doméstico para distintos escenarios.....	36
Figura 17: Consumos energético en la potabilización y saneamiento del agua para distintos escenarios	36
Figura 18: Flujos de energía en el sector primario.	37
Figura 19: Emisiones en el Sector Primario	38
Figura 20: Consumo de energía por kg producido según tipo de alimento.	40
Figura 21: Comparación por sectores del consumo en el escenario tendencial 2020 y el escenario de máxima eficiencia.....	43
Figura 22: Ciudad con generación distribuida requiere utilizar todo el territorio y todas las tecnologías para lograr una ciudad autoabastecible energéticamente.	44
Figura 23: Acople de la producción con renovables y la demanda eléctrica para un día con buenas condiciones meteorológicas	45
Figura 24: Horizonte temporal y eficiencias de las principales tecnologías de distribución.....	46
Figura 25: Esquema del sistema para cubrir el 100% de la demanda en ACS y calefacción.....	48
Figura 26: Esquema del sistema para cubrir el 100% de la demanda en ACS, calefacción y refrigeración	49
Figura 27: Evolución de la demanda térmica, aporte con energía solar y demanda eléctrica para abastecer la demanda térmica de un edificio de nueva construcción con 50 viviendas	50
Figura 28: Evolución de la demanda térmica en ACS y aportación solar para cubrir el 65% de la demanda en una vivienda plurifamiliar reformada	51
Figura 29: Mapa de la potencia instalada por municipio de fotovoltaica en Álava	54
Figura 30: Esquema del principio básico de una ventana solar	56
Figura 31: Vista de un panel solar de un huerto en Álava	58
Figura 32: Vista del parque eólico de Elgea-Urkilla	59
Figura 33: Ejemplos de generador mini eólico de eje vertical (izquierda) y de eje horizontal (derecha) integrados en tejados.....	60
Figura 34: Álava reutiliza menos de la mitad de la paja que produce	62
Figura 35: astilladora mobil tratando residuos forestales	63
Figura 36: planta de tratamiento de purines y cogeneración eléctrica de Turégano (Segovia)	64

Figura 37: imagen de la planta de cogeneración de calor y electricidad por biomasa en Vaxjo (Suècia)	64
Figura 38: Valorización energética de los residuos.	65
Figura 39: Mapa de las centrales hidroeléctricas en la provincia de Álava.....	67
Figura 40: Esquema de un central hidroeléctrica reversible	67
Figura 41: Distribución de la producción de energía renovable por tecnologías y fuentes.....	69
Figura 42: Demanda por sectores y cobertura con renovables	71
Figura 43: Demanda por sectores y cobertura por cada tecnología de renovables	71
Figura 44: Cubiertas verdes en equipamientos municipales	74
Figura 45: Potencial futuro de secuestro de CO ₂ eq por usos del suelo.....	74
Figura 46: Potencial actual y futuro de secuestro de CO ₂ eq por usos del suelo	75
Figura 47: Balance de emisiones para los distintos escenarios	75
Figura 48: Superficies zonas de pastos, praderas y pastizales naturales	82
Figura 49: Superficies de bosques, pastos y cultivos en Vitoria-Gasteiz.	87